



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0106028
(43) 공개일자 2020년09월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 1/00 (2017.01) A61B 1/045 (2006.01)
A61B 1/06 (2006.01) A61B 1/273 (2006.01)
A61B 1/31 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
G16H 30/40 (2018.01) G16H 50/20 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 1/00009 (2013.01)
A61B 1/00045 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7015517
(22) 출원일자(국제) 2018년10월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년05월29일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2018/040381
(87) 국제공개번호 WO 2019/088121
국제공개일자 2019년05월09일
(30) 우선권주장
JP-P-2017-209232 2017년10월30일 일본(JP)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
교에키자이단호진 간겐큐카이
일본국 도쿄도 고토쿠 아리아케 3-8-31
가부시키가이샤 에이아이 메디칼 서비스
일본 171-0022 도쿄도 토시마쿠 미나미이케부쿠로
1 초메 10 반 13 고 아라이 빌딩 2 층
(72) 발명자
히라사와 도시아키
일본 1358550 도쿄도 고토쿠 아리아케 3초메 8-31
교에키자이단호진 간겐큐카이 내
다다 도모히로
일본 1710022 도쿄도 토시마쿠 미나미이케부쿠로
1-10-13 아라이 빌딩 2층 가부시키가이샤 에이아
이 메디칼 서비스 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김태홍, 김진희

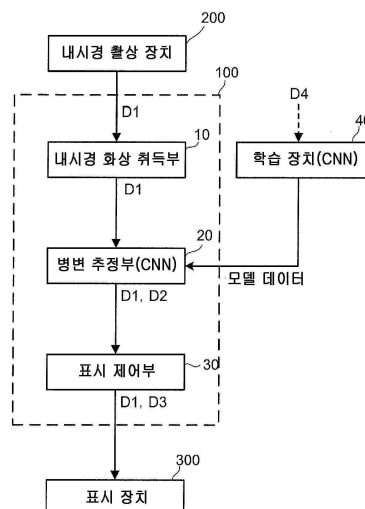
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 화상 진단 지원 장치, 자료 수집 방법, 화상 진단 지원 방법 및 화상 진단 지원 프로그램

(57) 요약

내시경의에 의한 내시경 화상의 진단을 지원하는 것이 가능한 화상 진단 지원 장치, 자료 수집 방법, 화상 진단 지원 방법 및 화상 진단 지원 프로그램. 화상 진단 지원 장치는, 소화기 내시경 촬상 장치에 의하여 촬상된 피험자의 소화기 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확대의 정보를, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정하는 병변 추정부와, 당해 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확대를 표시하는 해석 결과 화상을 생성하여, 소화기 내시경 화상 상에 표시시키는 제어를 행하는 표시 제어부를 구비하고, 중첩 뉴럴 네트워크는, 위축, 장 상피 화생, 점막의 융기 또는 함요, 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된 복수의 소화기 중앙 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치에 근거하여 학습 처리가 행해진다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 1/045 (2013.01)
A61B 1/063 (2013.01)
A61B 1/273 (2013.01)
A61B 1/31 (2013.01)
G06T 7/0012 (2013.01)
G16H 30/40 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)
A61B 2576/00 (2013.01)
G06T 2207/10068 (2013.01)

(72) 발명자

아오야마 가즈하루

일본 1710022 도쿄도 토시마쿠 미나미이케부쿠로
1-10-13 아라이 빌딩 2층 가부시키키가이샤 에이아이
메디칼 서비스 내

오자와 츠요시

일본 1710022 도쿄도 토시마쿠 미나미이케부쿠로
1-10-13 아라이 빌딩 2층 가부시키키가이샤 에이아이
메디칼 서비스 내

요시오 도시유키

일본 1358550 도쿄도 고토쿠 아리아케 3초메 8-31
고에키자이단호진 간젠큐카이 내

(30) 우선권주장

JP-P-2018-007967 2018년01월22일 일본(JP)
JP-P-2018-038828 2018년03월05일 일본(JP)

명세서

청구범위

청구항 1

소화기 내시경 촬상 장치에 의하여 촬상된 피험자의 소화기 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확대의 정보를, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정하는 병변 추정부와,

당해 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확대를 표시하는 해석 결과 화상을 생성하여, 상기 소화기 내시경 화상 상에 표시시키는 제어를 행하는 표시 제어부를 구비하고,

상기 중첩 뉴럴 네트워크는, 위축, 장 상피 화생, 점막의 용기 또는 함요, 및 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된 복수의 소화기 중앙 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치에 근거하여 학습 처리가 행해지는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 표시 제어부는, 상기 확대에 따라, 상기 해석 결과 화상에 있어서의 병변의 위치를 특정하는 병변 위치 정보의 표시 양태를 변경하는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 복수의 소화기 중앙 내시경 화상에는, 피험자의 소화기 내에 대하여, 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상이 포함되는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 소화기 중앙 내시경 화상에는, 피험자의 소화기 내에 대하여, 색소를 산포하여 촬상된 내시경 화상이 포함되는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 소화기 중앙 내시경 화상에는, 피험자의 소화기 내에 대하여, 협대역광을 조사하여 촬상된 내시경 화상이 포함되는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소화기에는, 위가 포함되는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 7

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소화기에는, 식도가 포함되는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 8

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 소화기에는, 십이지장이 포함되는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 9

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 소화기에는, 대장이 포함되는, 화상 진단 지원 장치.

청구항 10

피험자의 소화관에 대하여, 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 기재된 화상 진단 지원 장치를 이용하여, 상기 표시 제어부의 표시 결과를, 소화관 병변에 관한 자료로서 수집하는 자료 수집 방법.

청구항 11

소화기 내시경 촬상 장치에 의하여 촬상된 피험자의 소화기 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확대의 정보를, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정하는 병변 추정부와,

당해 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확대를 표시하는 해석 결과 화상을 생성하여, 상기 소화기 내시경 화상 상에 표시시키는 제어를 행하는 표시 제어부를 구비하는 장치를 이용하고,

상기 중첩 뉴럴 네트워크는, 위축, 장 상피 화생, 점막의 용기 또는 함요, 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된 복수의 소화기 종양 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치에 근거하여 학습 처리가 행해지는, 화상 진단 지원 방법.

청구항 12

컴퓨터에, 소화기 내시경 촬상 장치에 의하여 촬상된 피험자의 소화기 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확대의 정보를, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정하는 처리와,

당해 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확대를 표시하는 해석 결과 화상을 생성하여, 상기 내시경 화상 상에 표시시키는 제어를 행하는 처리를 실행시키고,

상기 중첩 뉴럴 네트워크는, 위축, 장 상피 화생, 점막의 용기 또는 함요, 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된 복수의 소화기 종양 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치에 근거하여 학습 처리가 행해지는, 화상 진단 지원 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 화상 진단 지원 장치, 자료 수집 방법, 화상 진단 지원 방법 및 화상 진단 지원 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 암은 세계에서 가장 사인(死因)이 높은 질환이며, 세계 보건 기구(WHO)의 통계에 의하면, 2015년에는 880만명이 사망하고, 장기별로는 위나 대장 등을 포함한 소화기계(消化器系)가 탑을 차지한다. 특히 위암은, 세계에서 5 번째로 많은 악성 종양이고, 또한 세계에서 3번째로 많은 암 관련 사망 원인이며, 매년, 약 100만의 신규 증례(症例)가 발생하고, 약 70만명이 사망하고 있다. 위암 환자의 예후는, 진단 시의 암의 스테이지(진행도)에 의존한다. 진행된 위암은 예후 불량이지만, 조기 위암의 5년 생존율은 90% 이상이며, 조기의 병소(病巢)를 신속하게 발견하고, 외과적으로 절제함으로써 많은 위암을 완치시킬 수 있다. 따라서, 조기 위암의 내시경적 검출은, 위암 사망률을 감소시키기 위한 가장 유효한 수단이며, 내시경적 점막 절제술(EMR) 또는 내시경적 점막 하층 박리술(ESD)과 같은 장기 보존형의 내시경 요법으로 치료하는 기술의 보급은, 환자에게 큰 혜택을 줄 수 있다.

[0003] 소화기의 내시경 검사(특히 상부 소화관 내시경 검사: EGD)는, 위암을 진단하기 위한 표준적 수법인데, EGD에 의한 관찰로 위암을 검출할 때의 위(偽)음성률은 26%라고도 하며(비특허문헌 1을 참조), 높은 빈도이다. 또한, 대부분의 위암은, 위축성 점막으로부터 발생하며, 조기 위암의 일부는 미세한 형태 변화밖에 나타내지 않아, 위축성 변화를 수반하는 배경 점막과 구별하는 것이 어렵기 때문에, 경험이 적은 내시경의로는, 위암을 놓치는 경향이 있다. 따라서, 내시경의는, 위암을 적절히 검출하기 위한 특별한 연수와 경험이 필요한데, 일정한 경험을

거친 내시경의의 육성에는, 1만매의 화상 진단 경험과 10년의 기간이 걸린다고도 한다.

[0004] 소화기의 내시경 검사에 있어서는, 많은 내시경 화상이 수집되는데, 진단 정밀도를 관리하기 위하여 내시경의의 의한 내시경 화상의 더블 체크가 요망되며, 「대책형 검진을 위한 위 내시경 검진 매뉴얼」(일반 사단 법인 일본 소화기 암 검진 학회 편)에서는 더블 체크가 의무화되어 있다. 단, 내시경 화상의 더블 체크에는 많은 시간을 필요로 하기 때문에, 의료 현장의 내시경의에게 있어 무거운 부담이 되고 있다.

[0005] 또한, 이들의 내시경 화상에 근거하는 진단은, 이른바 경험과 관찰에 근거하는 주관적 판정이며, 다양한 위(偽)양성 판단 및 위음성 판단을 발생시킬 가능성이 있다. 또한, 의료 기기는 기기 자체의 성능과 조작자의 확실한 조작의 양 조건이 충족되어야만, 최고도의 성능이 발휘되는 것인데, 내시경 진단에서는 내시경의의 피로에 의하여 정밀도가 저하되는 경우가 있다. 이러한 내시경의의 숙인적 요건을 보완하기 위하여, 최근 기계 학습에 의한 화상 인식의 정밀도가 비약적으로 향상된 AI(인공 지능: artificial intelligence)를 내시경의의 지원으로서 활용함으로써, 내시경 화상의 더블 체크 작업의 정밀도와 스피드가 향상될 것으로 기대되고 있다.

[0006] 최근, 딥 러닝(심층 학습)을 이용한 AI가 다양한 의료 분야에서 주목받고 있으며, 방사선 종양학, 피부암 분류, 당뇨병성 망막증, 위 생검의 조직학적 분류, 초(超)확대 내시경에 의한 대장 병변의 특징화를 포함하는 의료 분야의 화상 진단을 AI가 전문의 대신에 행할 수 있다는 다양한 보고가 있다. 특히, 현미 내시경 레벨에 있어서는 AI가 전문의와 동등한 정밀도를 낼 수 있는 것이 증명되고 있다(비특허문헌 2를 참조). 또, 피부과에서는, 딥 러닝 기능을 가진 AI가 전문의와 동등한 화상 진단 능력을 발휘하는 것이 발표되어 있고(비특허문헌 3을 참조), 각종 기계 학습법을 이용한 특허문헌(특허문헌 1, 2를 참조)도 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 공개특허공보 2017-045341호
(특허문헌 0002) 특허문헌 2: 본 공개특허공보 2017-067489호

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) 비특허문헌 1: Hosokawa O et al., Hepatogastroenterology. 2007; 54(74): 442-4.
(비특허문헌 0002) 비특허문헌 2: [http://www.giejournal.org/article/S0016-5107\(14\)02171-3/fulltext](http://www.giejournal.org/article/S0016-5107(14)02171-3/fulltext), "Novel computer-aided diagnostic system for colorectal lesions by using endocytoscopy" Yuichi Mori et. al. Presented at Digestive Disease Week 2014, May 3-6, 2014, Chicago, Illinois, USA
(비특허문헌 0003) 비특허문헌 3: 「Nature」 2017년 2월호, 권두 논문, 「피부의 병변을 학습한다: 인공 지능이 화상으로부터 피부암을 검출하는 능력을 강화한다」(<http://www.natureasia.com/ja-jp/nature/highlights/82762>)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상기와 같이, AI의 화상 인식 능력은 인간 전문의 수준인 것이 시사되어 있지만, 소화기의 통상 내시경 검사에 있어서는, AI의 내시경 화상의 진단 능력을 사용한 진단 지원 기술은, 아직 의료 현장에는 도입되어 있지 않으며, 향후의 실용화가 기대되고 있는 상황이다.

[0010] 본 발명의 목적은, 내시경의에 의한 내시경 화상의 진단을 지원하는 것이 가능한 화상 진단 지원 장치, 자료 수집 방법, 화상 진단 지원 방법 및 화상 진단 지원 프로그램을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명에 관한 화상 진단 지원 장치는,

- [0012] 소화기 내시경 촬상 장치에 의하여 촬상된 피험자의 소화기 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확도(確度)의 정보를, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정하는 병변 추정부와,
- [0013] 당해 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확도를 표시하는 해석 결과 화상을 생성하여, 상기 소화기 내시경 화상 상에 표시시키는 제어를 행하는 표시 제어부를 구비하고,
- [0014] 상기 중첩 뉴럴 네트워크는, 위축, 장 상피 화생, 점막의 융기 또는 함요(陷凹), 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된 복수의 소화기 종양 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치에 근거하여 학습 처리가 행해진다.
- [0015] 본 발명에 관한 자료 수집 방법은, 피험자의 소화관에 대하여, 상기 화상 진단 지원 장치를 이용하여, 상기 표시 제어부의 표시 결과를, 소화관 병변에 관한 자료로서 수집한다.
- [0016] 본 발명에 관한 화상 진단 지원 방법은,
- [0017] 소화기 내시경 촬상 장치에 의하여 촬상된 피험자의 소화기 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확도의 정보를, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정하는 병변 추정부와,
- [0018] 당해 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확도를 표시하는 해석 결과 화상을 생성하여, 상기 소화기 내시경 화상 상에 표시시키는 제어를 행하는 표시 제어부를 구비하는 장치를 이용하고,
- [0019] 상기 중첩 뉴럴 네트워크는, 위축, 장 상피 화생, 점막의 융기 또는 함요, 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된 복수의 소화기 종양 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치에 근거하여 학습 처리가 행해진다.
- [0020] 본 발명에 관한 화상 진단 지원 프로그램은,
- [0021] 컴퓨터에,
- [0022] 소화기 내시경 촬상 장치에 의하여 촬상된 피험자의 소화기 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확도의 정보를, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정하는 처리와,
- [0023] 당해 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확도를 표시하는 해석 결과 화상을 생성하여, 상기 내시경 화상 상에 표시시키는 제어를 행하는 처리를 실행시키고,
- [0024] 상기 중첩 뉴럴 네트워크는, 위축, 장 상피 화생, 점막의 융기 또는 함요, 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된 복수의 소화기 종양 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치에 근거하여 학습 처리가 행해진다.
- [0025] 본 발명에 있어서의 병변 부위(위축, 장 상피 화생, 점막의 융기 또는 함요, 점막 색조의 상황)의 특징 추출에 의한 판정에 관한 기준은, 경험 풍부한 내시경의에 의하여 높은 정밀도로 설정하는 것이 가능하고, 예를 들면 본 발명자의 저서(「통상 내시경 관찰에 의한 조기 위암의 발견과 진단」, 히라사와 도시아키/가와치 히로시·저, 후지사키 준코·감수, 일본 메디컬 센터, 2016년)에 상세하게 기재되어 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명에 의하면, 내시경의에 의한 내시경 화상의 진단을 지원하는 기술을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 실시형태에 있어서의 화상 진단 지원 장치의 전체 구성을 나타내는 블록도이다.
- 도 2는 본 실시형태에 있어서의 화상 진단 지원 장치의 하드웨어 구성을 나타내는 도이다.
- 도 3은 본 실시형태에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 구성을 나타내는 도이다.
- 도 4는 본 실시형태에 있어서의 내시경 화상 상에 해석 결과 화상을 표시시키는 예를 나타내는 도이다.
- 도 5는 평가 시험용 데이터 세트에 이용된 내시경 화상에 관한 환자 및 병변의 특징을 나타내는 도이다.
- 도 6에 있어서, 도 6A, 도 6B는, 내시경 화상 및 해석 결과 화상의 예를 나타내는 도이다.
- 도 7은 의사에 의하여 진단된 병변 위치(범위)와, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진단된 병변 위치(범위)의 차이

를 설명하는 도이다.

도 8에 있어서, 도 8A, 도 8B는, 내시경 화상 및 해석 결과 화상의 예를 나타내는 도이다.

도 9는 종양의 깊이 및 종양 사이즈의 차이에 따른 감도의 변화를 나타내는 도이다.

도 10은 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 병변의 상세를 나타내는 도이다.

도 11에 있어서, 도 11A, 도 11B, 도 11C, 도 11D, 도 11E, 도 11F는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 병변이 존재하는 내시경 화상을 나타내는 도이다.

도 12는 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 위암으로서 검출된 비암성 병변의 상세를 나타내는 도이다.

도 13에 있어서, 도 13A, 도 13B, 도 13C는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 위암으로서 검출된 비암성 병변을 포함하는 해석 결과 화상을 나타내는 도이다.

도 14에 있어서, 도 14A, 도 14B, 도 14C, 도 14D, 도 14E, 도 14F는, 선종, 과형성성 폴립 또는 SSAP를 포함하는 대장의 내시경 화상을 나타내는 도이다.

도 15에 있어서, 도 15A, 도 15B, 도 15C, 도 15D, 도 15E, 15F는, 드문 타입의 대장 폴립을 포함하는 대장의 내시경 화상을 나타내는 도이다.

도 16은 학습용 데이터 세트에 이용된 내시경 화상에 관한 대장 폴립 등의 특징을 나타내는 도이다.

도 17은 평가 시험용 데이터 세트에 이용된 내시경 화상에 관한 대장 폴립 등의 특징을 나타내는 도이다.

도 18은 위양성 화상 및 위음성 화상의 분류 결과를 나타내는 도이다.

도 19에 있어서, 도 19A, 도 19B는, CNN 분류와 조직 분류의 일치 정도를 나타내는 도이다.

도 20은 5mm 이하의 대장 폴립에 대하여 CNN 분류와 조직 분류의 일치 정도를 나타내는 도이다.

도 21에 있어서, 도 21A, 도 21B, 도 21C, 도 21D, 도 21E, 도 21F는, 제2 평가 시험에 있어서의 내시경 화상 및 해석 결과 화상의 예를 나타내는 도이다.

도 22에 있어서, 도 22A, 도 22B, 도 22C, 도 22D, 도 22E, 도 22F, 도 22G, 도 22H는, 제2 평가 시험에 있어서의 내시경 화상 및 해석 결과 화상의 예를 나타내는 도이다.

도 23은 평가 시험용 데이터 세트에 이용된 내시경 화상에 관한 환자 및 병변의 특징을 나타내는 도이다.

도 24에 있어서, 도 24A, 도 24B, 도 24C, 도 24D는, 제3 평가 시험에 있어서의 내시경 화상 및 해석 결과 화상의 예를 나타내는 도이다.

도 25는 중첩 뉴럴 네트워크에 의한 식도암/비식도암의 검출 결과, 및 생검에 의한 식도암/비식도암의 검출 결과를 나타내는 도이다.

도 26은 백색광 감도, NBI용 협대역광 감도 및 포괄적 감도를 나타내는 도이다.

도 27은 중첩 뉴럴 네트워크에 의한 식도암/비식도암의 검출 결과, 및 생검에 의한 식도암/비식도암의 검출 결과를 나타내는 도이다.

도 28은 백색광 감도 및 NBI용 협대역광 감도를 나타내는 도이다.

도 29는 CNN 분류와 심달도(深達度)의 일치 정도를 나타내는 도이다.

도 30은 위양성 화상 및 위음성 화상의 분류 결과를 나타내는 도이다.

도 31에 있어서, 도 31A, 도 31B, 도 31C, 도 31D, 도 31E, 도 31F는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타내는 도이다.

도 32에 있어서, 도 32A, 도 32B, 도 32C, 도 32D, 도 32E는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던 식도암을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타내는 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 본 실시형태를 도면에 근거하여 상세하게 설명한다.

[0028]

- [0029] [화상 진단 지원 장치의 전체 구성]
- [0030] 먼저, 본 실시형태에 있어서의 화상 진단 지원 장치(100)의 구성에 대하여 설명한다. 도 1은, 화상 진단 지원 장치(100)의 전체 구성을 나타내는 블록도이다. 도 2는, 본 실시형태에 있어서의 화상 진단 지원 장치(100)의 하드웨어 구성의 일례를 나타내는 도이다.
- [0031] 화상 진단 지원 장치(100)는, 소화기(예를 들면, 식도, 위, 십이지장이나 대장 등)의 내시경 검사에 있어서, 중첩 뉴럴 네트워크(CNN: Convolutional Neural Network)가 갖는 내시경 화상의 진단 능력을 사용하여, 의사(예를 들면, 내시경의)에 의한 내시경 화상의 진단을 지원한다. 화상 진단 지원 장치(100)에는, 내시경 촬상 장치(200)(본 발명의 「소화기 내시경 촬상 장치」에 대응) 및 표시 장치(300)가 접속되어 있다.
- [0032] 내시경 촬상 장치(200)는, 예를 들면 촬상 수단을 내장한 전자 내시경(비디오 스킵프라고도 함)이나, 광학식 내시경에 촬상 수단을 내장한 카메라 헤드를 장착한 카메라 장착 내시경 등이다. 내시경 촬상 장치(200)는, 예를 들면 피험자의 입 또는 코로부터 소화기에 삽입되어, 당해 소화기 내의 진단 대상 부위를 촬상한다. 그리고, 내시경 촬상 장치(200)는, 소화기 내의 진단 대상 부위를 촬상한 내시경 화상(본 발명의 「소화기 내시경 화상」에 대응)을 나타내는 내시경 화상 데이터(D1)(정지 화상)를 화상 진단 지원 장치(100)에 출력한다. 또한, 내시경 화상 데이터(D1)가 아닌, 내시경 동영상이어도 된다.
- [0033] 표시 장치(300)는, 예를 들면 액정 디스플레이이며, 화상 진단 지원 장치(100)로부터 출력된 해석 결과 화상을, 의사에게 식별 가능하게 표시한다.
- [0034] 화상 진단 지원 장치(100)는, 주된 컴포넌트로서, CPU(Central Processing Unit)(101), ROM(Read Only Memory)(102), RAM(Random Access Memory)(103), 외부 기억 장치(예를 들면, 플래시 메모리)(104), 및 통신 인터페이스(105), GPU(Graphics Processing Unit)(106) 등을 구비한 컴퓨터이다.
- [0035] 화상 진단 지원 장치(100)의 각 기능은, 예를 들면 CPU(101)가 ROM(102), RAM(103), 외부 기억 장치(104) 등에 기억된 제어 프로그램(예를 들면, 화상 진단 지원 프로그램)이나 각종 데이터(예를 들면, 내시경 화상 데이터, 교사 데이터, 중첩 뉴럴 네트워크의 모델 데이터(구조 데이터 및 학습된 가중 파라미터 등) 등을 참조함으로써 실현된다. 또한, RAM(103)은, 예를 들면 데이터의 작업 영역이나 일시 퇴피 영역으로서 기능한다.
- [0036] 또한, 각 기능의 일부 또는 전부는, CPU에 의한 처리 대신에, 또는 이와 함께, DSP(Digital Signal Processor)에 의한 처리에 의하여 실현되어도 된다. 또, 마찬가지로 각 기능의 일부 또는 전부는, 소프트웨어에 의한 처리 대신에, 또는 이와 함께, 전용 하드웨어 회로에 의한 처리에 의하여 실현되어도 된다.
- [0037] 도 1에 나타내는 바와 같이, 화상 진단 지원 장치(100)는, 내시경 화상 취득부(10), 병변 추정부(20), 표시 제어부(30)를 구비하고 있다. 학습 장치(40)는, 화상 진단 지원 장치(100)에 있어서 사용되는 중첩 뉴럴 네트워크의 모델 데이터(구조 데이터 및 학습된 가중 파라미터 등)를 생성하는 기능을 갖는다.
- [0038] [화상 취득부]
- [0039] 화상 취득부(10)는, 내시경 촬상 장치(200)로부터 출력된 내시경 화상 데이터(D1)를 취득한다. 그리고, 화상 취득부(10)는, 취득한 내시경 화상 데이터(D1)를 병변 추정부(20)에 출력한다. 또한, 화상 취득부(10)는, 내시경 화상 데이터(D1)를 취득할 때, 내시경 촬상 장치(200)로부터 직접 취득해도 되고, 외부 기억 장치(104)에 저장된 내시경 화상 데이터(D1)나, 인터넷 회선 등을 통하여 제공된 내시경 화상 데이터(D1)를 취득해도 된다.
- [0040] [병변 추정부]
- [0041] 병변 추정부(20)는, 중첩 뉴럴 네트워크를 이용하여, 내시경 화상 취득부(10)로부터 출력된 내시경 화상 데이터(D1)에 의하여 나타나는 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명(명칭) 및 병변 위치(위치)와, 당해 병변명 및 병변 위치의 확도를 추정한다. 그리고, 병변 추정부(20)는, 내시경 화상 취득부(10)로부터 출력된 내시경 화상 데이터(D1)와, 병변명, 병변 위치 및 확도의 추정 결과를 나타내는 추정 결과 데이터(D2)를 표시 제어부(30)에 출력한다.
- [0042] 본 실시형태에서는, 병변 추정부(20)는, 병변명 및 병변 위치의 확도를 나타내는 지표로서 확률 스코어를 추정한다. 확률 스코어는, 0 보다 크고, 1 이하의 값으로 나타난다. 확률 스코어가 높을수록, 병변명 및 병변 위치의 확도가 높은 것을 의미한다.
- [0043] 또한, 확률 스코어는, 병변명 및 병변 위치의 확도를 나타내는 지표의 일례이며, 그 외의 임의의 양태의 지표가 이용되어도 된다. 예를 들면, 확률 스코어는 0%~100%의 값으로 나타나는 양태여도 되고, 수 단계의 레벨값 중

어느 하나로 나타나는 양태여도 된다.

- [0044] 중첩 뉴럴 네트워크는, 순(順) 전파형 뉴럴 네트워크의 일종이며, 뇌의 시각야의 구조에 있어서의 발견에 근거하는 것이다. 기본적으로, 화상의 국소적인 특징 추출을 담당하는 중첩층과, 국소마다 특징을 정리하는 풀링층(서브 샘플링층)을 반복한 구조로 되어 있다. 중첩 뉴럴 네트워크의 각 층에 의하면, 복수의 뉴런(Neuron)을 소지하고, 개개의 뉴런이 시각야와 대응하는 형태로 배치되어 있다. 각각의 뉴런의 기본적인 기능은, 신호의 입력과 출력으로 이루어진다. 단, 각 층의 뉴런 간은, 서로 신호를 전달할 때에, 입력된 신호를 그대로 출력하는 것이 아니라, 각각의 입력에 대하여 결합 하중을 설정하고, 그 가중값의 입력의 총합이 각 뉴런에 설정되어 있는 임계값을 초과했을 때에, 다음 층의 뉴런에 신호를 출력한다. 학습 데이터로부터 이들 뉴런 간의 결합 하중을 산출해 둔다. 이로써, 리얼 타임의 데이터를 입력함으로써, 출력값의 추정이 가능해진다. 이 목적에 부합하는 중첩 뉴럴 네트워크이면, 그것을 구성하는 알고리즘은 특별히 한정되지 않는다.
- [0045] 도 3은, 본 실시형태에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 구성을 나타내는 도이다. 또한, 중첩 뉴럴 네트워크의 모델 데이터(구조 데이터 및 학습된 가중 파라미터 등)는, 화상 진단 지원 프로그램과 함께, 외부 기억 장치(104)에 저장되어 있다.
- [0046] 도 3에 나타내는 바와 같이, 중첩 뉴럴 네트워크는, 예를 들면 특징 추출부(Na)와 식별부(Nb)를 갖는다. 특징 추출부(Na)는, 입력되는 화상(내시경 화상 데이터(D1))로부터 화상 특징을 추출하는 처리를 실시한다. 식별부(Nb)는, 특징 추출부(Na)에 의하여 추출된 화상 특징으로부터 화상에 관한 추정 결과를 출력한다.
- [0047] 특징 추출부(Na)는, 복수의 특징량 추출층(Na1, Na2 · · ·)이 계층적으로 접속되어 구성된다. 각 특징량 추출층(Na1, Na2 · · ·)은, 중첩층(Convolution layer), 활성화층(Activation layer) 및 풀링층(Pooling layer)을 구비한다.
- [0048] 제1 층의 특징량 추출층(Na1)은, 입력되는 화상을, 래스터 스캔에 의하여 소정 사이즈마다 주사한다. 그리고, 특징량 추출층(Na1)은, 주사한 데이터에 대하여, 중첩층, 활성화층 및 풀링층에 의하여 특징량 추출 처리를 실시함으로써, 입력 화상에 포함되는 특징량을 추출한다. 제1 층의 특징량 추출층(Na1)은, 예를 들면 수평 방향으로 뻗는 선상의 특징량이나 경사 방향으로 뻗는 선상의 특징량 등의 비교적 심플한 단독의 특징량을 추출한다.
- [0049] 제2 층의 특징량 추출층(Na2)은, 전(前) 계층의 특징량 추출층(Na1)으로부터 입력되는 화상(특징 맵이라고도 칭해짐)을, 예를 들면 래스터 스캔에 의하여 소정 사이즈마다 주사한다. 그리고, 특징량 추출층(Na2)은, 주사한 데이터에 대하여, 동일하게 중첩층, 활성화층 및 풀링층에 의한 특징량 추출 처리를 실시함으로써, 입력 화상에 포함되는 특징량을 추출한다. 또한, 제2 층의 특징량 추출층(Na2)은, 제1 층의 특징량 추출층(Na1)이 추출한 복수의 특징량의 위치 관계 등을 참조하면서 통합시킴으로써, 보다 고차원의 복합적인 특징량을 추출한다.
- [0050] 제2 층 이후의 특징량 추출층(도 3에서는, 설명의 편의상 특징량 추출층(Na)을 2계층만 나타냄)은, 제2 층의 특징량 추출층(Na2)과 동일한 처리를 실행한다. 그리고, 최종층의 특징량 추출층의 출력(복수의 특징 맵의 맵 내의 각 값)이, 식별부(Nb)에 대하여 입력된다.
- [0051] 식별부(Nb)는, 예를 들면 복수의 전체 결합층(Fully Connected)이 계층적으로 접속된 다층 퍼셉트론에 의하여 구성된다.
- [0052] 식별부(Nb)의 입력층의 전체 결합층은, 특징 추출부(Na)로부터 취득한 복수의 특징 맵의 맵 내의 각 값에 전체 결합하며, 그 각 값에 대하여 중량 계수를 변화시키면서 적화(積和) 연산을 행하여 출력한다.
- [0053] 식별부(Nb)의 다음 계층의 전체 결합층은, 전 계층의 전체 결합층의 각 소자가 출력하는 값에 전체 결합하며, 그 각 값에 대하여 중량 계수를 다르게 하면서 적화 연산을 행한다. 그리고, 식별부(Nb)의 최후단에는, 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치와, 해당 병변명 및 병변 위치의 확률 스코어(확도)를 출력하는 층(예를 들면, 소프트맥스 함수 등)이 마련된다.
- [0054] 중첩 뉴럴 네트워크는, 미리 경험 풍부한 내시경의에 의하여 마킹 처리된 레퍼런스 데이터(이하, 「교사 데이터」라고 함)를 이용하여 학습 처리를 행해 줌으로써, 입력되는 내시경 화상으로부터 원하는 추정 결과(여기에서는, 병변명, 병변 위치 및 확률 스코어)를 출력할 수 있도록, 추정 기능을 보유할 수 있다.
- [0055] 본 실시형태에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크는, 내시경 화상 데이터(D1)를 입력하고(도 3의 input), 당해 내시경 화상 데이터(D1)에 의하여 나타나는 내시경 화상의 화상 특징에 따른 병변명, 병변 위치 및 확률 스코어를

추정 결과 데이터(D2)로 하여 출력하도록(도 3의 output) 구성된다.

- [0056] 또한, 중첩 뉴럴 네트워크는, 보다 적합하게는, 내시경 화상 데이터(D1)에 더하여, 연령, 성별, 지역, 또는 기(既) 병력에 관한 정보를 입력할 수 있는 구성(예를 들면, 식별부(Nb)의 입력 소자로서 마련함)으로 해도 된다. 실(實) 임상에 있어서의 리얼 월드 데이터의 중요성은 특히 인정되고 있는 점에서, 이러한 환자 속성의 정보를 추가함으로써, 실 임상에 있어서, 보다 유용한 시스템으로 전개할 수 있다. 즉, 내시경 화상의 특징은, 연령, 성별, 지역 또는 기 병력에 관한 정보와 상관 관계를 갖고 있으며, 중첩 뉴럴 네트워크에, 내시경 화상 데이터(D1)에 더하여, 연령 등의 환자 속성 정보를 참조시킴으로써, 보다 고정밀도로 병변명, 병변 위치를 추정할 수 있는 구성으로 할 수 있다. 이 수법은, 지역이나 인종에 따라서도 질환의 병태(病態)가 다른 경우가 있는 점에서, 특히 본 발명을 국제적으로 활용하는 경우에는, 도입해야 할 사항이다.
- [0057] 또, 병변 추정부(20)는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의한 처리 외에, 전 처리로서, 내시경 화상의 사이즈나 앰펙트 비로 변환하는 처리, 내시경 화상의 색 분할 처리, 내시경 화상의 색 변환 처리, 색 추출 처리, 휘도 구배 추출 처리 등을 행해도 된다.
- [0058] [표시 제어부]
- [0059] 표시 제어부(30)는, 병변 추정부(20)로부터 출력된 내시경 화상 데이터(D1)에 의하여 나타나는 내시경 화상 상에 있어서, 병변 추정부(20)로부터 출력된 추정 결과 데이터(D2)에 의하여 나타나는 병변명, 병변 위치 및 확률 스코어를 표시하는 해석 결과 화상을 생성한다. 그리고, 표시 제어부(30)는, 내시경 화상 데이터(D1)와, 생성한 해석 결과 화상을 나타내는 해석 결과 화상 데이터(D3)를 표시 장치(300)에 출력한다. 이 경우, 내시경 화상의 병변부의 구조 강조나 색채 강조, 고콘트라스트화, 고정세화(高精細化) 등의 디지털 화상 처리 시스템을 접속하고, 관찰자의 이해와 판정을 돕는 가공을 실시하여 표시할 수도 있다.
- [0060] 표시 장치(300)는, 표시 제어부(30)로부터 출력된 내시경 화상 데이터(D1)에 의하여 나타나는 내시경 화상 상에, 해석 결과 화상 데이터(D3)에 의하여 나타나는 해석 결과 화상을 표시시킨다. 표시된 내시경 화상 및 해석 결과 화상은, 예를 들면 내시경 화상의 더블 체크 작업에 이용된다. 또, 본 실시형태에서는, 1매의 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 표시할 때까지의 시간이 매우 빠르기 때문에, 내시경 화상의 더블 체크 작업 이외에도, 내시경 동영상으로서 의사에 의한 리얼 타임에서의 진단 보조로 이용할 수 있다.
- [0061] 도 4는, 본 실시형태에 있어서의 내시경 화상 상에 해석 결과 화상을 표시시키는 예를 나타내는 도이다. 도 4에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 병변 추정부(20)에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(50), 병변명(조기 암: early stomach cancer) 및 확률 스코어(0.8)가 표시되어 있다. 본 실시형태에서는, 해석 결과 화상을 참조하는 의사의 주의 환기를 촉구하는 관점에서, 확률 스코어가 소정의 임계값(예를 들면, 0.4) 이상인 경우, 병변 추정부(20)에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임은, 황색으로 표시된다. 즉, 표시 제어부(30)는, 병변 추정부(20)로부터 출력된 추정 결과 데이터(D2)에 의하여 나타나는 확률 스코어에 따라, 해석 결과 화상에 있어서의 병변 위치를 특정하는 병변 위치 특정 정보(본 실시형태에서는, 직사각형 프레임)의 표시 양태를 변경한다. 또한, 직사각형 프레임(52)은, 참고로, 의사에 의하여 위암으로 진단된 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않지만, 숙련된 내시경의 판정과 동일 결과가 되는 것을 나타내고 있다.
- [0062] [학습 장치]
- [0063] 학습 장치(40)는, 병변 추정부(20)의 중첩 뉴럴 네트워크가 내시경 화상 데이터(D1)로부터 병변 위치, 병변명 및 확률 스코어를 추정할 수 있도록, 도시하지 않은 외부 기억 장치에 기억되어 있는 교사 데이터(D4)를 입력하고, 학습 장치(40)의 중첩 뉴럴 네트워크에 대하여 학습 처리를 행한다.
- [0064] 본 실시형태에서는, 학습 장치(40)는, 피험자의 소화기에 대하여 내시경 촬상 장치(200)에 의하여 촬상된 내시경 화상(본 발명의 「소화기 중앙 내시경 화상」에 대응)과, 의사에 의하여 위축, 장 상피 화생, 점막의 융기 또는 함요, 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된, 당해 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치를 교사 데이터(D4)로서 이용하여 학습 처리를 행한다. 구체적으로는, 학습 장치(40)는, 중첩 뉴럴 네트워크에 내시경 화상을 입력했을 때의 정답값(병변명 및 병변 위치)에 대한 출력 데이터의 오차(손실이라고도 칭해짐)가 작아지도록, 중첩 뉴럴 네트워크의 학습 처리를 행한다.
- [0065] 본 실시형태에서는, 교사 데이터(D4)로서의 내시경 화상에는, 피험자의 소화기 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상, 피험자의 소화기 내에 대하여 색소(예를 들면, 인디고카민, 아이오도액)를 산포하여 촬상된 내시경 화상, 및 피험자의 소화기 내에 대하여 협대역광(예를 들면, NBI(Narrow Band Imaging)용 협대역광,

BLI(Blue Laser Imaging)용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상이 포함된다. 학습 처리에 있어서의 교사 데이터(D4)로서의 내시경 화상은, 일본 톱 클래스의 암 치료 전문 병원의 데이터베이스를 주로 사용하며, 풍부한 진단·치료 경험을 갖는 일본 소화기 내시경 학회 지도의가 모든 화상을 상세하게 검토, 선별하고, 정밀한 수동 처리로 병변의 병변 위치에 대한 마킹을 행했다. 레퍼런스 데이터가 되는 교사 데이터(D4)(내시경 화상 데이터)의 정밀도 관리는, 그대로 화상 진단 지원 장치(100)의 해석 정밀도에 직결되기 때문에, 풍부한 경험을 갖는 엑스퍼트 내시경의에 의한 화상 선별과 병변 동정(同定), 특징 추출의 마킹은 매우 중요한 공정이다.

[0066] 내시경 화상의 교사 데이터(D4)는, 화상값의 데이터여도 되고, 소정의 색 변환 처리 등이 이루어진 데이터여도 된다. 또, 전 처리로서, 텍스처 특징, 형상 특징, 확산 특징 등을 추출한 것이 이용되어도 된다. 또한, 교사 데이터(D4)는, 내시경 화상 데이터에 더하여, 연령, 성별, 지역 또는 기 병력에 관한 정보를 관련지어 학습 처리를 행해도 된다.

[0067] 또한, 학습 장치(40)가 학습 처리를 행할 때의 알고리즘은, 공지의 수법이어도 된다. 학습 장치(40)는, 예를 들면 공지의 백프로파게이션(Backpropagation: 오차 역전파법)을 이용하여, 중첩 뉴럴 네트워크에 대하여 학습 처리를 실시하고, 네트워크 파라미터(중량 계수, 바이어스 등)를 조정한다. 그리고, 학습 장치(40)에 의하여 학습 처리가 실시된 중첩 뉴럴 네트워크의 모델 데이터(구조 데이터 및 학습된 가중 파라미터 등)는, 예를 들면 화상 진단 지원 프로그램과 함께, 외부 기억 장치(104)에 저장된다.

[0068] 이상 상세하게 설명한 바와 같이, 본 실시형태에서는, 화상 진단 지원 장치(100)는, 소화기 내시경 촬상 장치에 의하여 촬상된 피험자의 소화기 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확도의 정보를, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정하는 병변 추정부와, 당해 병변의 명칭 및 위치와, 그들의 확도를 표시하는 해석 결과 화상을 생성하여, 소화기 내시경 화상 상에 표시시키는 제어를 행하는 표시 제어부를 구비한다. 중첩 뉴럴 네트워크는, 위축, 장 상피 화생, 점막의 융기 또는 함요, 점막 색조의 상황의 특징 추출에 의하여 미리 판정된 복수의 소화기 중앙 내시경 화상 내에 존재하는 병변의 병변명 및 병변 위치에 근거하여 학습 처리가 행해진다.

[0069] 이와 같이 구성된 본 실시형태에 의하면, 중첩 뉴럴 네트워크가 복수의 피험자 각각에 대하여 미리 얻어져 있는 복수의 소화기의 내시경 화상과, 복수의 피험자 각각에 대하여 미리 얻어져 있는 병변의 병변명 및 병변 위치의 확정 진단 결과에 근거하여 학습되어 있기 때문에, 단시간, 또한 실질적으로 경험 풍부한 내시경의에 필적하는 정밀도로, 신규 피험자의 소화기의 병변명 및 병변 위치를 추정할 수 있다. 따라서, 소화기의 내시경 검사에 있어서, 본 발명에 의한 중첩 뉴럴 네트워크가 갖는 내시경 화상의 진단 능력을 사용하여, 내시경의에 의한 내시경 화상의 진단을 강력히 지원할 수 있다. 실 임상에 있어서는, 내시경의는, 진찰실에서 직접적으로 진단 지원 툴로서 이용할 수도 있는 한편, 복수의 진찰실로부터 전송되는 내시경 화상을 중앙 진단 지원 서비스로 하거나, 인터넷 회선을 통한 원격 조작에 의하여, 원격지의 기관에 대한 진단 지원 서비스로서 이용할 수도 있다.

[0070] 또한, 상기 실시형태는, 모두 본 발명을 실시함에 있어서의 구체화의 일례를 나타낸 것에 지나지 않으며, 이들에 의하여 본 발명의 기술적 범위가 한정적으로 해석되어서는 안 되는 것이다. 즉, 본 발명은 그 요지, 또는 그 주요한 특징으로부터 벗어나지 않고, 다양한 형태로 실시할 수 있다.

[0071] [실예]

[0072] 마지막으로, 상기 실시형태의 구성에 있어서의 효과를 확인하기 위한 평가 시험에 대하여 설명한다.

[0073] [학습용 데이터 세트의 준비]

[0074] 2004년 4월~2016년 12월에 걸쳐 행해진 EGD의 내시경 화상을, 화상 진단 지원 장치에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 학습에 사용하는 학습용 데이터 세트(교사 데이터)로서 준비했다. EGD는, 일상 진료에 있어서의 스크리닝 또는 수술 전 검사를 위하여 실시되고, 내시경 화상은, 표준적인 내시경(GIF-H290Z, GIF-H290, GIF-XP290N, GIF-H260Z, GIF-Q260J, GIF-XP260, GIF-XP260NS, GIF-N260 등, 올림푸스 메디컬 시스템즈사, 도쿄) 및 표준적인 내시경 비디오 시스템(EVIS LUCERA CV-260/CLV-260, EVIS LUCERA ELITE CV-290/CLV-290SL, 올림푸스 메디컬 시스템즈사)을 이용하여 수집했다.

[0075] 학습용 데이터 세트로서의 내시경 화상에는, 피험자의 소화기 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상, 피험자의 소화기 내에 대하여 색소(예를 들면, 인디고카민, 아이오도액)를 산포하여 촬상된 내시경 화상, 및 피험자의 소화기 내에 대하여 협대역광(예를 들면, NBI용 협대역광, BLI용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상을 포함시켰다. 또, 송기(送氣) 부족에 의한 위의 신전 불량, 생검 후의 출혈, 혈레이션, 렌즈의 혼

탁, 초점 어긋남 또는 점액 등 때문에, 화상 품질이 나쁜 내시경 화상은, 학습용 데이터 세트로부터 제외했다.

[0076] 최종적으로, 학습용 데이터 세트로서, 조직학적으로 증명된 2,639의 위암에 대하여, 13,584의 내시경 화상을 수집했다. 위암의 전문가이며, 일본 소화기 내시경 학회 지도의(암 전문 병원에서 10년 이상의 경험을 갖고, 6,000 증례 이상의 위암을 진단한 실적을 가짐)는, 수집된 내시경 화상에 있어서, 모든 위암(조기 암 또는 진행 암)의 병변명 및 병변 위치를 정밀하게 수동으로 특징 추출의 마킹 설정하고, 학습용 데이터 세트를 준비했다.

[0077] [학습 · 알고리즘]

[0078] 화상 진단 지원 장치를 구축하기 위하여, VGG(<https://arxiv.org/abs/1409.1556>)를 베이스로 한 16층 이상으로 구성되는 중첩 뉴럴 네트워크를 사용했다. 버클리 비전 및 러닝 센터(Berkeley Vision and Learning Center(BVLC))에서 개발된 Caffe 딥 러닝 프레임워크를 학습 및 평가 시험에 사용했다. 중첩 뉴럴 네트워크의 모든 층은, 확률적 구배 강하법을 사용하여, 글로벌 학습률 0.0001로 미(微)조정되어 있다. CNN과 호환성을 갖게 하기 위하여, 각 화상을 300 X 300픽셀로 리사이즈했다.

[0079] [평가 시험용 데이터 세트의 준비]

[0080] 구축된 중첩 뉴럴 네트워크 베이스의 화상 진단 지원 장치의 진단 정밀도를 평가하기 위하여, 2017년 3월 1일 ~ 2017년 3월 31일까지, 공익 재단 법인 암 연구회 아리아케 병원에서 통상의 임상 검사로서 EGD를 받은 69명의 환자(위암 77병변)를 대상으로 하여, 2,296의 내시경 화상(위)을 평가 시험용 데이터 세트로서 수집했다. 그 결과, 62명에게 위암이 1병변 존재하고, 6명에게 위암이 2병변 존재하며, 1명에게 위암이 3병변 존재하고 있었다. 모든 EGD는, 표준적인 내시경(GIF-H290Z, 올림푸스 메디컬 시스템즈사, 도쿄) 및 표준적인 내시경 비디오 시스템(EVIS LUCERA ELITE CV-290/CLV-290SL, 올림푸스 메디컬 시스템즈사)을 이용하여 실시했다. EGD에서는, 위 내를 빠짐없이 관찰하고, 내시경 화상을 촬영하여, 촬영 매수는 1명의 환자당 18~69매가 되었다.

[0081] 도 5는, 평가 시험용 데이터 세트에 이용된 내시경 화상에 관한 환자 및 병변의 특징을 나타내는 도이다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 종양 사이즈(직경)의 중앙값은 24mm이며, 종양 사이즈(직경)의 범위는 3~170mm였다. 육안적 분류에서는, 55병변(71.4%)으로 표재형(0-IIa, 0-IIb, 0-IIc, 0-IIa+IIc, 0-IIc+IIb, 0-IIc+III)이 가장 많았다. 종양의 깊이에서는, 조기 위암(T1)이 52병변(67.5%)이며, 진행 위암(T2-T4)이 25병변(32.5%)이었다.

[0082] [평가 시험의 방법]

[0083] 본 평가 시험에서는, 학습용 데이터 세트를 이용하여 학습 처리가 행해진 중첩 뉴럴 네트워크 베이스의 화상 진단 지원 장치에 대하여 평가 시험용 데이터 세트를 입력하고, 당해 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 각 내시경 화상으로부터 위암을 정확히 검출할 수 있는지 여부에 대하여 평가했다. 위암을 정확히 검출한 경우를 「정답」으로 간주했다. 중첩 뉴럴 네트워크는, 내시경 화상으로부터 위암(병변)을 검출하면, 그 병변명(조기 위암 또는 진행 위암), 병변 위치 및 확률 스코어를 출력한다.

[0084] 또한, 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 내시경 화상에 존재하는 위암 중, 몇몇의 위암은 복수의 내시경 화상에 존재하고 있었기 때문에, 이하의 정의를 사용하여 평가 시험을 행했다.

[0085] (정의 1)

[0086] 중첩 뉴럴 네트워크가 복수의 내시경 화상에서 동일한(1개) 위암을 검출한 경우는, 정답으로 간주했다. 도 6은, 복수의 내시경 화상에 동일한 암이 존재하는 경우에 대하여 설명하는 도이다. 도 6A, 6B에 있어서, 직사각형 프레임(54, 56)은, 의사에 의하여 수동으로 설정된 위암의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 직사각형 프레임(58)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 위암의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 도 6A는, 위암을 원경에서 촬영한 내시경 화상을 나타내고, 도 6B는, 당해 위암을 근시야에서 촬영한 내시경 화상을 나타낸다. 도 6A, 6B에 나타내는 바와 같이, 중첩 뉴럴 네트워크는, 원경에서는 위암을 검출할 수는 없었지만, 근경에서는 위암을 검출할 수 있었다. 이와 같은 경우, 본 평가 시험에서는, 정답으로 간주했다.

[0087] (정의 2)

[0088] 위양성의 병변(위암)이 다른 내시경 화상에서 검출되어도, 그들이 동일한 병변인 경우, 그들은 1개의 병변으로 간주했다.

[0089] (정의 3)

- [0090] 위암의 병변 위치(범위)의 경계선이 불명확한 경우가 있기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크가 위암의 일부를 검출한 경우는 정답으로 간주했다. 도 7은, 의사에 의하여 진단된 병변 위치(범위)와, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진단된 병변 위치(범위)의 차이를 설명하는 도이다. 도 7에 있어서, 직사각형 프레임(60)은, 의사에 의하여 수동으로 설정된 위암의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 직사각형 프레임(62)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 위암의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 도 7에 나타내는 바와 같이, 의사에 의하여 수동으로 설정된 위암의 병변 위치(범위)와, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 위암의 병변 위치(범위)의 사이에는 차이가 있었다. 이와 같이 중첩 뉴럴 네트워크가 위암의 적어도 일부를 검출한 경우, 본 평가 시험에서는 정답으로 간주했다.
- [0091] 또, 본 평가 시험에서는, 위암을 검출하는 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 감도 및 양성 적중률(PPV)을 다음의 식 (1), (2)를 이용하여 산출했다.
- [0092]
$$\text{감도} = (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 검출한 위암의 수}) / (\text{평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 내시경 화상에 존재하는 위암의 수}(77)) \cdots (1)$$
- [0093]
$$\text{양성 적중률} = (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 검출한 위암의 수}) / (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 위암으로 진단한 병변의 수}) \cdots (2)$$
- [0094] [평가 시험의 결과]
- [0095] 중첩 뉴럴 네트워크는, 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 2,296의 내시경 화상을 분석하는 처리를 47초라는 짧은 시간에 종료시켰다. 또, 중첩 뉴럴 네트워크는, 77의 위암(병변) 중 71의 위암을 검출했다. 즉, 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 감도는 92.2%였다.
- [0096] 도 8은, 내시경 화상 및 해석 결과 화상의 예를 나타내는 도이다. 도 8A는, 위체중부 소만에 약간 붉고 평탄한 병변이 존재하는 내시경 화상이다. 위암은 배경 점막의 위축과 유사하기 때문에, 도 8A의 내시경 화상으로부터 위암을 검출하는 것은 내시경의여도 어렵다고 생각되었다. 도 8B는, 중첩 뉴럴 네트워크가 위암(0-IIc, 5mm, tub1, T1a)을 검출한 것을 나타내는 해석 결과 화상이다. 도 8B에 있어서, 직사각형 프레임(64)은, 의사에 의하여 수동으로 설정된 위암의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 직사각형 프레임(66)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 위암의 병변 위치(범위)를 나타낸다.
- [0097] 도 9는, 본 평가 시험에 있어서, 종양의 깊이 및 종양 사이즈의 차이에 따른 감도의 변화를 나타내는 도이다. 도 9에 나타내는 바와 같이, 중첩 뉴럴 네트워크는, 종양 사이즈(직경)가 6mm 이상인 71의 위암 중 70의 위암(98.6%)을 검출했다. 또, 중첩 뉴럴 네트워크는, 모든 침윤암(T1b, T2, T3, T4a)을 검출했다.
- [0098] 한편, 중첩 뉴럴 네트워크는, 6개의 위암을 놓쳤다. 6개의 위암 중 5개는, 미소(微小)한 암(종양 사이즈 $\leq 5\text{mm}$)이었다. 놓친 모든 위암은, 내시경의조차도 위염과 구별하는 것이 어려운 분화형 점막 내 암이었다. 또한, 위 점막 내 암의 더블링 타임(종양의 체적이 2배가 되는 시간)은 2~3년으로 생각되고 있기 때문에, 설령 이와 같은 작은 암을 놓쳐도 매년 EGD에 의하여 점막 내 암으로서 검출된다고 생각되며, 본 발명의 중첩 뉴럴 네트워크의 유용성과 임상 응용을 방해하는 것은 아니다.
- [0099] 도 10은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 병변(위암)의 상세를 나타내는 도이다. 도 11은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 병변이 존재하는 내시경 화상(해석 결과 화상)을 나타내는 도이다.
- [0100] 도 11A에 있어서, 직사각형 프레임(70)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 위암(전정부 대만, 0-IIc, 3mm, tub1, T1a)의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 도 11B에 있어서, 직사각형 프레임(72)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 위암(위체중부의 소만, 0-IIc, 4mm, tub1, T1a)의 병변 위치(범위)를 나타낸다.
- [0101] 도 11C에 있어서, 직사각형 프레임(74)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 위암(전정부 후벽, 0-IIc, 4mm, tub1, T1a)의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 도 11D에 있어서, 직사각형 프레임(76)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 위암(전정부 후벽, 0-IIc, 5mm, tub1, T1a)의 병변 위치(범위)를 나타낸다.
- [0102] 도 11E에 있어서, 직사각형 프레임(78)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 위암(전정부 대만, 0-IIc, 5mm, tub1, T1a)의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 직사각형 프레임(80)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 위암으로 추정된 비암성 병변(유문륜)이다. 도 11F에 있어서, 직사각형 프레임(82)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 놓친 위암(위체 하부의 전벽, 0-IIc, 16mm, tub1, T1a)의 병변 위치(범위)를 나타낸다.
- [0103] 또, 중첩 뉴럴 네트워크는, 161의 비암성 병변을 위암으로서 검출했다. 양성 적중률은 30.6%였다. 도 12는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 위암으로서 검출된 비암성 병변의 상세를 나타내는 도이다. 도 12에 나타내는 바

와 같이, 위암으로서 검출된 비암성 병변의 대략 절반은, 색조의 변화 또는 불규칙한 점막 표면의 변화를 수반하는 위염이었다. 이와 같은 위염은, 내시경의가 위암과 구별하는 것이 어려운 경우도 많아, 위 생검에 의한 위암 진단의 양성 반응 적중도(PPV: Positive Predictive Value)는 3.2~5.6%라는 보고가 있다. 암의 임상 진단에 관해서는, 암 검출의 농집은 환자의 치료 기회 상실로 이어지는 점에서, 위양성보다 위음성이 문제가 된다. 내시경의에 의한 생검의 PPV가 낮은 것을 고려하면, 중첩 뉴럴 네트워크의 PPV는 임상적으로 충분히 허용 가능하다고 생각된다.

[0104] 도 13은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 위암으로서 검출된 비암성 병변을 포함하는 해석 결과 화상을 나타내는 도이다. 도 13A에 있어서, 직사각형 프레임(84)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 위암으로서 검출된 위염(부정(不整)한 점막 표면 구조를 수반하는 장 상피 화생)의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 도 13B에 있어서, 직사각형 프레임(86)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 위암으로서 검출된 위염(국소적인 위축에 의한 백색 점막)의 병변 위치(범위)를 나타낸다. 도 13C에 있어서, 직사각형 프레임(88)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 위암으로서 검출된 위염(만성 위염에 의한 점막의 발적)의 병변 위치(범위)를 나타낸다.

[0105] 다음으로, 상기 실시형태의 구성에 있어서의 효과를 확인하기 위한 제2 평가 시험에 대하여 설명한다.

[0106] [학습용 데이터 세트의 준비]

[0107] 2013년 12월~2017년 3월에 걸쳐 행해진 대장의 내시경 검사 12,895예의 내시경 화상을, 화상 진단 지원 장치에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 학습에 사용하는 학습용 데이터 세트(교사 데이터)로서 준비했다. 내시경 화상에는, 인정 병리학자에 의하여 조직학적으로 증명된 선암, 선종, 과형성성 폴립, SSAP(sessile serrated adenoma/polyps), 약년성(若年性) 폴립, Peutz-Jeghers 폴립, 염증성 폴립, 림프구양 응집과 등이 포함된다. EGD는, 일상 진료에 있어서의 스크리닝 또는 수술 전 검사를 위하여 실시되고, 내시경 화상은, 표준적인 내시경 비디오 시스템(EVIS LUCERA: CF TYPE H260AL/I, PCF TYPE Q260AI, Q260AZI, H290I, H290Z, 올림푸스 메디컬 시스템즈사)을 이용하여 수집했다.

[0108] 도 14A는, 돌출형의 선종을 포함하는 대장의 내시경 화상을 나타낸다. 도 14B는, 평탄형의 종양(점선 90을 참조)을 포함하는 대장의 내시경 화상을 나타낸다. 도 14C는, 돌출형의 과형성성 폴립을 포함하는 대장의 내시경 화상을 나타낸다. 도 14D는, 평탄형의 과형성성 폴립(점선 92를 참조)을 포함하는 대장의 내시경 화상을 나타낸다. 도 14E는, 돌출형의 SSAP를 포함하는 대장의 내시경 화상을 나타낸다. 도 14F는, 평탄형의 SSAP(점선 94를 참조)를 포함하는 대장의 내시경 화상을 나타낸다.

[0109] 학습용 데이터 세트로서의 내시경 화상에는, 피험자의 대장 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상, 및 피험자의 대장 내에 대하여 협대역광(예를 들면, NBI용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상을 포함시켰다. 또, 분변의 잔류물, 혈레이션, 생검 후의 출혈 때문에, 화상 품질이 나쁜 내시경 화상은, 학습용 데이터 세트로부터 제외했다.

[0110] 도 15A는, 피험자의 대장 내의 Peutz-Jeghers 폴립에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상을 나타낸다. 도 15B는, 피험자의 대장 내의 Peutz-Jeghers 폴립에 대하여 협대역광(NBI용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상을 나타낸다. 도 15C는, 피험자의 대장 내의 염증성 폴립에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상을 나타낸다. 도 15D는, 피험자의 대장 내의 염증성 폴립에 대하여 협대역광(NBI용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상을 나타낸다. 도 15E는, 피험자의 대장 내에 있어서 폴립상 영역과 같이 보이는 비종양성 점막을 촬상한 내시경 화상을 나타낸다. 도 15F는, 피험자의 대장 내에 있어서 폴립상 영역과 같이 보이는 림프구 집합체를 촬상한 내시경 화상을 나타낸다.

[0111] 최종적으로, 학습용 데이터 세트로서, 조직학적으로 증명된 4,752의 대장 폴립에 관한 20,431의 내시경 화상을 수집함과 함께, 정상적인 대장 점막에 관한 4,013의 내시경 화상을 수집했다. 수집된 내시경 화상에 있어서, 모든 대장 폴립의 병변명(종류) 및 병변 위치를 정밀하게 수동으로 특징 추출의 마킹 설정을 행했다. 도 16은, 학습용 데이터 세트에 이용된 내시경 화상에 관한 대장 폴립 등의 특징을 나타내는 도이다. 또한, 도 16에 있어서, 1개의 내시경 화상에 있어서 복수의 대장 폴립이 포함되는 경우, 당해 복수의 대장 폴립의 각각을, 다른 내시경 화상으로서 세었다.

[0112] [학습·알고리즘]

[0113] 화상 진단 지원 장치를 구축하기 위하여, Single Shot Multi Box Detector(SSD, <https://arxiv.org/abs/1512.02325>)를 베이스로 한 16층 이상으로 구성되는 중첩 뉴럴 네트워크를 사용했다. 버클리 비전 및 러닝 센터(Berkeley Vision and Learning Center(BVLC))에서 개발된 Caffe 딥 러닝 프레임워크

를 학습 및 평가 시험에 사용했다. 중첩 뉴럴 네트워크의 모든 층은, 확률적 구배 강하법을 사용하여, 글로벌 학습률 0.0001로 미조정되어 있다. CNN과 호환성을 갖게 하기 위하여, 각 화상을 300 X 300 픽셀로 리사이즈했다. 각 화상의 리사이즈에 따라, 병변의 병변 위치에 대한 마킹의 사이즈 변경을 행했다.

[0114] [평가 시험용 데이터 세트의 준비]

[0115] 구축된 중첩 뉴럴 네트워크 베이스의 화상 진단 지원 장치의 진단 정밀도를 평가하기 위하여, 2017년 1월 1일 ~ 2017년 3월 31일까지, 통상의 임상 검사로서 EGD를 받은 174명의 환자를 대상으로 하여, 대장 폴립을 갖는 885의 내시경 화상을 포함하는 6,759의 내시경 화상(대장)을 평가 시험용 데이터 세트로서 수집했다. 통상의 임상 검사에 있어서의 화상 진단 지원 장치의 진단 정밀도를 평가하기 위하여, 변 또는 송기 부족을 수반하는 내시경 화상도 평가 시험용 데이터 세트로서 수집했다. 그러나, 염증성 장 질환을 수반하는 내시경 화상은, 진단 결과가 변경될 가능성이 있기 때문에, 평가 시험용 데이터 세트로부터 제외했다. 또, 생검 후의 출혈을 수반하는 내시경 화상, 및 내시경 치료 후의 내시경 화상에 대해서도 평가 시험용 데이터 세트로부터 제외했다. 평가 시험용 데이터 세트로서의 내시경 화상에는, 학습용 데이터 세트와 동일하게, 피험자의 대장 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬영된 내시경 화상, 및 피험자의 대장 내에 대하여 협대역광(예를 들면, NBI용 협대역광)을 조사하여 촬영된 내시경 화상을 포함시켰다. 도 17은, 평가 시험용 데이터 세트에 이용된 내시경 화상에 관한 대장 폴립 등의 특징을 나타내는 도이다. 또한, 도 17에 있어서, 1개의 내시경 화상에 있어서 복수의 대장 폴립이 포함되는 경우, 당해 복수의 대장 폴립의 각각을, 다른 내시경 화상으로서 세었다.

[0116] [평가 시험의 방법]

[0117] 본 평가 시험에서는, 학습용 데이터 세트를 이용하여 학습 처리가 행해진 중첩 뉴럴 네트워크 베이스의 화상 진단 지원 장치에 대하여 평가 시험용 데이터 세트를 입력하고, 당해 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 각 내시경 화상으로부터 대장 폴립을 정확히 검출할 수 있는지 여부에 대하여 평가했다. 대장 폴립을 정확히 검출한 경우를 「정답」으로 간주했다. 중첩 뉴럴 네트워크는, 내시경 화상으로부터 대장 폴립을 검출하면, 그 병변명(종류), 병변 위치 및 확률 스코어를 출력한다.

[0118] 또한, 평가 시험의 결과를 취득할 때, 이하의 정의를 사용하여 평가 시험을 행했다.

[0119] (정의 1)

[0120] 의사에 의하여 진단된 대장 폴립의 병변 위치(범위)의 80% 이상의 영역에서, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진단된 대장 폴립의 병변 위치(범위)가 중첩된 경우, 본 평가 시험에서는, 중첩 뉴럴 네트워크가 내시경 화상으로부터 대장 폴립을 정확히 검출했다고 판단하고, 정답으로 간주했다.

[0121] (정의 2)

[0122] 중첩 뉴럴 네트워크가 내시경 화상으로부터 종류가 다른 2개 이상의 대장 폴립을 동일한 병변 위치(범위)로 하여 검출한 경우, 본 평가 시험에서는, 중첩 뉴럴 네트워크는, 확률 스코어가 가장 높은 종류의 대장 폴립을 검출했다고 판단했다.

[0123] 또, 본 평가 시험에서는, 대장 폴립을 검출하는 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 감도 및 양성 적중률(PPV)을 다음의 식 (1), (2)를 이용하여 산출했다.

[0124]
$$\text{감도} = (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 검출한 대장 폴립의 수}) / (\text{평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 내시경 화상에 존재하는 대장 폴립의 수}) \cdots (1)$$

[0125]
$$\text{양성 적중률} = (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 검출한 대장 폴립의 수}) / (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 대장 폴립으로 진단한 병변의 수}) \cdots (2)$$

[0126] [평가 시험의 결과]

[0127] 중첩 뉴럴 네트워크는, 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 내시경 화상을 분석하는 처리를 48.7매/초(즉 1매의 내시경 화상당 분석 처리 시간: 20ms)라는 빠른 속도로 종료시켰다. 또, 중첩 뉴럴 네트워크는, 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 내시경 화상에 있어서 1,247의 대장 폴립의 병변 위치를 추정하고, 1,172의 진정한(조직학적으로 증명된) 대장 폴립 중, 1,073의 대장 폴립을 정확히 검출했다. 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 감도 및 양성 적중률은, 각각 92% 및 86%였다.

[0128] 구체적으로는, 피험자의 대장 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬영된 내시경 화상에 있어서, 중첩 뉴럴 네트워크

크의 진단 능력에 대한 감도 및 양성 적중률은, 각각 90% 및 82%였다. 또, 피험자의 대장 내에 대하여 협대역광(NBI용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상에 있어서, 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 감도 및 양성 적중률은, 각각 97% 및 98%였다.

[0129] 또, 중첩 뉴럴 네트워크는, 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 내시경 화상(10mm 미만만의 진정한 대장 폴립을 포함함)에 있어서 1,143의 대장 폴립의 병변 위치를 추정하고, 1,143의 진정한 대장 폴립 중, 969의 대장 폴립을 정확히 검출했다. 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 감도 및 양성 적중률은, 각각 92% 및 85%였다.

[0130] 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력을 향상시키기 위해서는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 대장 폴립이 정확히 검출되지 않았던, 즉 놓친 이유를 검증하는 것이 중요하다. 따라서, 본 발명자들은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 대장 폴립이 검출된 내시경 화상(위양성 화상), 및 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 대장 폴립이 검출되지 않았던 내시경 화상(위음성 화상) 모두를 리뷰하고, 몇몇의 카테고리로 분류했다.

[0131] 도 18은, 위양성 화상 및 위음성 화상의 분류 결과를 나타내는 도이다. 도 18에 나타내는 바와 같이, 165의 위양성 화상 중 64의 위양성 화상(39%)은 대장 폴립과 구별하기 쉬운 정상 구조이며, 그 대부분은 회맹판(N=56)이었다. 또, 55의 위양성 화상(33%)은 대장 주름이며, 그 대부분은 송기 부속을 수반하는 화상이었다. 다른 위양성 화상(20%)에는, 진정한 대장 폴립과 구별하기 쉽고, 혈레이션(N=14), 카메라 렌즈의 표면 혼탁(N=4), 흐릿함, 흐릿함(N=2) 또는 배설물(N=4)에 의하여 인공적으로 발생한 이상(異常) 화상이 포함되었다. 또, 12의 위양성 화상(7%)은, 진정한 폴립으로서 의심되었지만, 최종적으로 확인할 수 없었다.

[0132] 또, 도 18에 나타내는 바와 같이, 89의 위음성 화상 중 50의 위음성 화상(56%)은, 주로 작거나 또는 어두운 것에 의하여 대장 폴립의 표면의 질감을 인식하기 어렵고, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 대장 폴립으로서 검출되지 않았다고 생각된다. 또, 34의 위음성 화상(38%)은, 대장 폴립이 측방으로부터, 또는 부분적으로 촬상되었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 대장 폴립으로서 검출되지 않았다고 생각된다. 또, 5의 위음성 화상(6%)은, 대장 폴립이 매우 크기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 대장 폴립으로서 검출되지 않았다고 생각된다.

[0133] 또, 본 발명자들은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되어 분류된 대장 폴립의 분류(CNN 분류)와, 조직학적으로 증명된 대장 폴립의 분류(조직 분류)의 일치 정도를 중첩 뉴럴 네트워크의 분류 정밀도로서 리뷰했다. 도 19는, CNN 분류와 조직 분류의 일치 정도를 나타내는 도이다.

[0134] 도 19A에 나타내는 바와 같이, 피험자의 대장 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에서는, 전체의 83%의 대장 폴립의 분류가, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 분류되어 있었다. 조직학적으로 선종으로서 증명된 대장 폴립 중 97%의 대장 폴립은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 선종으로서 정확히 분류되었다. 그 때에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력(분류 능력)에 대한 양성 적중률 및 음성 적중률은, 각각 86% 및 85%였다. 또, 조직학적으로 과형성성 폴립으로서 증명된 대장 폴립 중 47%의 대장 폴립은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 과형성성 폴립으로서 정확히 분류되었다. 그 때에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력(분류 능력)에 대한 양성 적중률 및 음성 적중률은, 각각 64% 및 90%였다. 또, 조직학적으로 SSAP로서 증명된 대장 폴립의 상당수는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 선종(26%) 또는 과형성성 폴립(52%)으로서 잘못하여 분류되었다.

[0135] 도 19B에 나타내는 바와 같이, 피험자의 대장 내에 대하여 협대역광(NBI용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상에서는, 전체의 81%의 대장 폴립의 분류가, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 분류되어 있었다. 조직학적으로 선종으로서 증명된 대장 폴립 중 97%의 대장 폴립은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 선종으로서 정확히 분류되었다. 그 때에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력(분류 능력)에 대한 양성 적중률 및 음성 적중률은, 각각 83% 및 91%였다.

[0136] 또, 본 발명자들은, 5mm 이하의 대장 폴립에 대하여, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되어 분류된 대장 폴립의 분류(CNN 분류)와, 조직학적으로 증명된 대장 폴립의 분류(조직 분류)의 일치 정도를 중첩 뉴럴 네트워크의 분류 정밀도로서 리뷰했다. 도 20은, 5mm 이하의 대장 폴립에 대하여, CNN 분류와 조직 분류의 일치 정도를 나타내는 도이다.

[0137] 도 20에 나타내는 바와 같이, 피험자의 대장 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에서는, 조직학적으로 선종으로서 증명된 대장 폴립(N=356) 중 98%의 대장 폴립(N=348)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 선종으로서 정확히 분류되었다. 그 때에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력(분류 능력)에 대한 양성 적중률 및 음성 적중률은, 각각 85% 및 88%였다. 또, 조직학적으로 과형성성 폴립으로서 증명된 대장 폴립 중 50%의 대장 폴립은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 과형성성 폴립으로서 정확히 분류되었다. 그 때에 있어서의 중첩 뉴

럴 네트워크의 진단 능력(분류 능력)에 대한 양성 적중률 및 음성 적중률은, 각각 77% 및 88%였다. 또, 도 도 시하고 있지 않지만, 피험자의 대장 내에 대하여 협대역광(NBI용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상에서는, 조직학적으로 선종으로서 증명된 대장 폴립(N=142) 중 97%의 대장 폴립(N=138)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 선종으로서 정확히 분류되었다. 그때에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력(분류 능력)에 대한 양성 적중률 및 음성 적중률은, 각각 84% 및 88%였다. 도 19, 20에 나타내는 결과로부터 명확한 바와 같이, 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력(분류 능력)은, 대장 폴립의 크기에 관계없이 동등한 것을 나타내고 있다.

[0138] 이상의 제2 평가 시험의 결과로부터, 중첩 뉴럴 네트워크는, 대장 폴립이 작아도, 상당히 정확하고 놀랄만한 속 도로 대장 폴립을 효과적으로 검출하여, 대장의 내시경 검사에 있어서의 대장 폴립의 농도를 줄이는데 도움이 될 가능성이 있는 것을 알 수 있었다. 또한, 중첩 뉴럴 네트워크는, 검출된 대장 폴립을 정확하게 분류하여, 내시경의에 의한 내시경 화상의 진단을 강력히 지원할 수 있는 것을 알 수 있었다.

[0139] 도 21, 22는, 제2 평가 시험에 있어서의 내시경 화상 및 해석 결과 화상의 예를 나타내는 도이다. 도 21A는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 검출 및 분류된 대장 폴립(선종)을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화 상을 나타낸다. 도 21A에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(110), 병변명(선종: Adenoma) 및 확률 스코어(0.97)가 표시되어 있다. 또한, 직사각형 프레임(112)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 대장 폴립(선종)의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.

[0140] 도 21B는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 검출 및 분류된 대장 폴립(과형성성 폴립)을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 나타낸다. 도 21B에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크 에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(114), 병변명(과형성성 폴립: Hyperplastic) 및 확률 스코어(0.83)가 표시되어 있다. 또한, 직사각형 프레임(116)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 대장 폴립 (과형성성 폴립)의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.

[0141] 도 21C는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던, 즉 놓친 대장 폴립(선종)을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타낸다. 직사각형 프레임(118)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 대장 폴립(선종)의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.

[0142] 도 21D는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 정상적인 대장 주름을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타낸다. 도 21D에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(120), 병변명(선종: Hyperplastic) 및 확률 스코어(0.70)가 표시되어 있다.

[0143] 도 21E는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 병변 위치(범위)가 정확히 검출되었지만, 잘못하여 분류된 대장 폴립 (선종)을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 나타낸다. 도 21E에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상 에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(122), 병변명(과형성 성 폴립: Hyperplastic) 및 확률 스코어(0.54)가 표시되어 있다. 또한, 직사각형 프레임(124)은, 참고로, 조직 학적으로 증명된 대장 폴립(선종)의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.

[0144] 도 21F는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 병변 위치(범위)가 정확히 검출되었지만, 잘못하여 분류된 대장 폴립 (과형성성 폴립)을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 나타낸다. 도 21F에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(126), 병변 명(선종: Adenoma) 및 확률 스코어(0.62)가 표시되어 있다. 또한, 직사각형 프레임(128)은, 참고로, 조직학적 으로 증명된 대장 폴립(과형성성 폴립)의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시 되지 않는다.

[0145] 도 22A는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던, 즉 놓친 대장 폴립(선종)을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타낸다. 직사각형 프레임(130, 132)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 대장 폴립(선종)의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다. 직사각형 프레임(130, 13 2)에 의하여 나타나는 대장 폴립(선종)은 매우 작아, 당해 대장 폴립을 인식하기 어려운 상황이었기 때문에, 중 첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았다고 생각된다.

[0146] 도 22B는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던, 즉 놓친 대장 폴립(선종)을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타낸다. 직사각형 프레임(134)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 대장 폴립(선종)의 병변

위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다. 직사각형 프레임(134)에 의하여 나타나는 대장 폴립(선종)은 어두워, 당해 대장 폴립을 인식하기 어려운 상황이었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았다고 생각된다.

[0147] 도 22C는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던, 즉 놓친 대장 폴립(선종)을 포함하는 내시경 화상을 위양성 화상으로서 나타낸다. 직사각형 프레임(136)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 대장 폴립(선종)의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다. 직사각형 프레임(136)에 의하여 나타나는 대장 폴립(선종)이 측방으로부터, 또는 부분적으로 활상되었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았다고 생각된다.

[0148] 도 22D는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던, 즉 놓친 대장 폴립(선종)을 포함하는 내시경 화상을 위양성 화상으로서 나타낸다. 직사각형 프레임(138)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 대장 폴립(선종)의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다. 직사각형 프레임(138)에 의하여 나타나는 대장 폴립(선종)은 매우 크고, 당해 대장 폴립을 인식하기 어려운 상황이었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았다고 생각된다.

[0149] 도 22E는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 회맹관(정상 구조)을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타낸다. 도 22E에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(140), 병변명(그 외: The others) 및 확률 스코어(0.62)가 표시되어 있다.

[0150] 도 22F는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 정상적인 대장 주름을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타낸다. 도 22F에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(142), 병변명(선종: Adenoma) 및 확률 스코어(0.32)가 표시되어 있다.

[0151] 도 22G는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 혈레이션(인공적인 이상 화상)을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타낸다. 도 22G에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(144), 병변명(선종: Adenoma) 및 확률 스코어(0.43)가 표시되어 있다.

[0152] 도 22H는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 폴립을 포함하는 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타낸다. 당해 폴립은, 진정한 폴립으로 의심되었지만, 최종적으로 확인할 수 없었다. 도 22H에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(146), 병변명(과형성성 폴립: Hyperplastic) 및 확률 스코어(0.48)가 표시되어 있다.

[0153] 다음으로, 상기 실시형태의 구성에 있어서의 효과를 확인하기 위한 제3 평가 시험에 대하여 설명한다.

[0154] [학습용 데이터 세트의 준비]

[0155] 2016년 2월~2017년 4월에 걸쳐 행해진 식도의 내시경 화상 8,428매(384명)를, 화상 진단 지원 장치에 있어서의 중첩 뉴럴 네트워크의 학습에 사용하는 학습용 데이터 세트(교사 데이터)로서 준비했다. 내시경 화상에는, 인정 병리학자에 의하여 조직학적으로 증명된 식도암(구체적으로는, 편평 상피암(ESCC) 또는 선암(EAC))이 포함된다. 내시경 검사는, 일상 진료에 있어서의 스크리닝 또는 수술 전 검사를 위하여 실시되고, 내시경 화상은, 표준적인 내시경(GIF-H290Z, GIF-H290, GIF-XP290N, GIF-H260Z, GIF-H260, 올림푸스 메디컬 시스템즈사, 도쿄) 및 표준적인 내시경 비디오 시스템(EVIS LUCERA CV-260/CLV-260, EVIS LUCERA ELITE CV-290/CLV-290SL, 올림푸스 메디컬 시스템즈사)을 이용하여 수집했다.

[0156] 학습용 데이터 세트로서의 내시경 화상에는, 피험자의 식도 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상, 및 피험자의 식도 내에 대하여 협대역광(NBI용 협대역광)을 조사하여 촬상된 내시경 화상을 포함시켰다. 또, 혈레이션, 렌즈의 혼탁, 초점 어긋남, 점액 또는 송기 부족 등 때문에, 화상 품질이 나쁜 내시경 화상은, 학습용 데이터 세트로부터 제외했다.

[0157] 최종적으로, 학습용 데이터 세트로서, 조직학적으로 증명된 식도암에 관한 8,428매의 내시경 화상을 수집했다. 당해 내시경 화상에는, 표제형 식도암 332병변과 진행 위암 65병변으로 이루어지는 397병변의 편평 상피암과, 표제형 식도암 19병변과 진행 위암 13병변으로 이루어지는 선암 32병변이 포함되어 있었다. 수집된 내시경 화

상에 있어서, 상부 내시경 검사의 건수가 2,000 증례 이상인 경험 풍부한 내시경의는, 모든 식도암(편평 상피암 또는 선암)의 병변명(표재형 식도암, 또는 진행형 식도암) 및 병변 위치를 정밀하게 수동으로 특징 추출의 마킹 설정을 행했다.

[0158] [학습·알고리즘]

[0159] 화상 진단 지원 장치를 구축하기 위하여, Single Shot Multi Box Detector(SSD, <https://arxiv.org/abs/1512.02325>)를 베이스로 한 16층 이상으로 구성되는 중첩 뉴럴 네트워크를 사용했다. 버클리 비전 및 러닝 센터(Berkeley Vision and Learning Center(BVLC))에서 개발된 Caffe 딥 러닝 프레임워크를 학습 및 평가 시험에 사용했다. 중첩 뉴럴 네트워크의 모든 층은, 확률적 구배 강하법을 사용하여, 글로벌 학습률 0.0001로 미조정되어 있다. CNN과 호환성을 갖게 하기 위하여, 각 화상을 300 X 300픽셀로 리사이즈했다. 각 화상의 리사이즈에 따라, 병변의 병변 위치에 대한 마킹의 사이즈 변경을 행했다.

[0160] [평가 시험용 데이터 세트의 준비]

[0161] 구축된 중첩 뉴럴 네트워크 베이스의 화상 진단 지원 장치의 진단 정밀도를 평가하기 위하여, 통상의 임상 검사로서 내시경 검사를 받은 97명의 환자(47명: 식도암 49병변을 가짐, 50명: 식도암을 갖지 않음)를 대상으로 하여, 1,118의 내시경 화상(식도)을 평가 시험용 데이터 세트로서 수집했다. 그 결과, 47명의 환자 중 45명에게 식도암이 1병변 존재하고, 2명에게 식도암이 2병변 존재하고 있었다. 평가 시험용 데이터 세트로서의 내시경 화상에는, 학습용 데이터 세트와 동일하게, 피험자의 식도 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬영된 내시경 화상, 및 피험자의 식도 내에 대하여 협대역광(NBI용 협대역광)을 조사하여 촬영된 내시경 화상을 포함시켰다.

[0162] 도 23은, 평가 시험용 데이터 세트에 이용된 내시경 화상에 관한 환자(n=47) 및 병변(n=49)의 특징을 나타내는 도이다. 도 23에 나타내는 바와 같이, 종양 사이즈(직경)의 중앙값은 20mm이며, 종양 사이즈(직경)의 범위는 5~700mm였다. 육안적 분류에서는, 43병변에서 표재형(0-I형, 0-IIa형, 0-IIb형, 0-IIc형)이 진행형(6병변)보다 많았다. 종양의 깊이에서는, 표재형 식도암(점막암: T1a, 점막하암: T1b)이 42병변이고, 진행 위암(T2-T4)이 7병변이었다. 조직 병리학에서는, 편평 상피암이 41병변이고, 선암이 8병변이었다.

[0163] [평가 시험의 방법]

[0164] 본 평가 시험에서는, 학습용 데이터 세트를 이용하여 학습 처리가 행해진 중첩 뉴럴 네트워크 베이스의 화상 진단 지원 장치에 대하여 평가 시험용 데이터 세트를 입력하고, 당해 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 각 내시경 화상으로부터 식도암을 정확히 검출할 수 있는지 여부에 대하여 평가했다. 식도암을 정확히 검출한 경우를 「정답」으로 간주했다. 중첩 뉴럴 네트워크는, 내시경 화상으로부터 식도암을 검출하면, 그 병변명(표재형 식도암, 또는 진행형 식도암), 병변 위치 및 확률 스코어를 출력한다.

[0165] 또한, 평가 시험의 결과를 취득할 때, 이하의 정의를 사용하여 평가 시험을 행했다.

[0166] (정의 1)

[0167] 중첩 뉴럴 네트워크가 식도암의 일부라도 검출한 경우, 본 평가 시험에서는, 중첩 뉴럴 네트워크는, 식도암을 검출했다고 판단하고, 정답으로 간주했다. 왜냐하면, 내시경 화상에 있어서 식도암의 경계 전체를 인식하는 것이 어려운 경우가 있기 때문이다. 단, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임 내에 실제로 식도암이 존재한 경우에도, 그 직사각형 프레임이 비식도암의 부위를 광범위(내시경 화상의 80% 이상)하게 포함할 때에는, 본 평가 시험에서는, 중첩 뉴럴 네트워크는 식도암을 검출할 수 없었다고 판단했다.

[0168] (정의 2)

[0169] 식도암이 2병변 존재하고 있던 2명의 환자에 관한 내시경 화상에 있어서, 중첩 뉴럴 네트워크가 당해 2병변을 검출한 경우에 한하여, 본 평가 시험에서는, 중첩 뉴럴 네트워크가 식도암을 검출했다고 판단하고, 정답으로 간주했다.

[0170] (정의 3)

[0171] 식도암이 존재하지 않는 내시경 화상에 있어서 중첩 뉴럴 네트워크가 적어도 1개의 비식도암의 부위를 식도암으로서 검출한 경우, 본 평가 시험에서는, 중첩 뉴럴 네트워크가 식도암을 오검출했다고 판단하고, 위양성으로 간주했다. 단, 식도암이 존재하지 않는 1개의 내시경 화상에 있어서 중첩 뉴럴 네트워크가 2개의 비식도암의 부위를 식도암으로서 오검출한 경우, 본 평가 시험에서는, 2개가 아닌 1개의 위양성으로서 카운트했다.

- [0172] 또, 본 평가 시험에서는, 각 내시경 화상에 있어서의 식도암을 검출하는 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 감도, 특이도, 양성 적중률(PPV) 및 음성 적중률(NPV)을 다음의 식 (1)~(4)를 이용하여 산출했다.
- [0173] $\text{감도} = (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 식도암을 정확히 검출한 내시경 화상의 수}) / (\text{평가 시험용 데이터 세트를 구성하고, 식도암이 존재하는 내시경 화상의 수}) \cdots (1)$
- [0174] $\text{특이도} = (\text{중첩 뉴럴 네트워크가, 식도암이 존재하지 않는 것을 정확히 검출한 내시경 화상의 수}) / (\text{평가 시험용 데이터 세트를 구성하고, 식도암이 존재하지 않는 내시경 화상의 수}) \cdots (2)$
- [0175] $\text{양성 적중률} = (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 식도암을 정확히 검출한 내시경 화상의 수}) / (\text{중첩 뉴럴 네트워크가 식도암을 검출한 내시경 화상의 수}) \cdots (3)$
- [0176] $\text{음성 적중률} = (\text{중첩 뉴럴 네트워크가, 식도암이 존재하지 않는 것을 정확히 검출한 내시경 화상의 수}) / (\text{중첩 뉴럴 네트워크가, 식도암이 존재하지 않는 것을 검출한 내시경 화상의 수}) \cdots (4)$
- [0177] [평가 시험의 결과]
- [0178] 중첩 뉴럴 네트워크는, 평가 시험용 데이터 세트를 구성하는 1,118의 내시경 화상을 분석하는 처리를 27초만에 종료시켰다. 주목해야 할 것은, 중첩 뉴럴 네트워크는, 중앙 사이즈가 10mm 미만인 모든(7개) 식도암을 정확히 검출했다. 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 양성 적중률은 40%이며, 음영과 정상 구조의 오진단이었지만, 음성 적중률은 95%였다. 또, 중첩 뉴럴 네트워크는, 식도암의 분류(표재형 식도암 또는 진행형 식도암)를 98%의 정밀도로 정확히 검출했다.
- [0179] 도 24는, 제3 평가 시험에 있어서의 내시경 화상 및 해석 결과 화상의 예를 나타내는 도이다. 도 24A는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 검출 및 분류된 식도암을 포함하는 내시경 화상(피험자의 식도 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상) 및 해석 결과 화상을 나타낸다. 도 24A에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(150), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.91)가 표시되어 있다. 또한, 직사각형 프레임(152)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.
- [0180] 도 24B는, 도 24A에 대응하며, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 검출 및 분류된 식도암을 포함하는 내시경 화상(피험자의 식도 내에 대하여 NBI용 협대역광을 조사하여 촬상된 내시경 화상) 및 해석 결과 화상을 나타낸다. 도 24B에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(154), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.97)가 표시되어 있다. 또한, 직사각형 프레임(156)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.
- [0181] 도 24C는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던, 즉 놓친 식도암을 포함하는 내시경 화상(피험자의 식도 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상)을 위음성 화상으로서 나타낸다. 직사각형 프레임(158)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.
- [0182] 도 24D는, 도 24C에 대응하며, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 검출 및 분류된 식도암을 포함하는 내시경 화상(피험자의 식도 내에 대하여 NBI용 협대역광을 조사하여 촬상된 내시경 화상) 및 해석 결과 화상을 나타낸다. 도 24D에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(160), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.98)가 표시되어 있다. 또한, 직사각형 프레임(162)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.
- [0183] 도 25는, 식도암을 갖는 47명의 증례(식도암), 식도암을 갖지 않는 50명의 증례(비식도암)에 대하여, 중첩 뉴럴 네트워크에 의한 식도암/비식도암의 검출 결과, 및 생검에 의한 식도암/비식도암의 검출 결과를 나타내는 도이다. 도 25에 있어서, 포괄적인 진단 결과에서는, 피험자의 식도 내에 대하여 백색광 및 NBI용 협대역광의 적어도 한쪽을 조사하여 촬상된 내시경 화상에 있어서, 중첩 뉴럴 네트워크가 식도암/비식도암을 정확히 검출한 경우, 본 평가 시험에서는, 중첩 뉴럴 네트워크가 식도암/비식도암을 정확히 검출했다고 판단했다. 도 25에 나타내는 바와 같이, 중첩 뉴럴 네트워크는, 포괄적인 진단을 행한 경우, 내시경 화상에 식도암이 존재하는 증례의 98%(46/47)에 있어서, 식도암을 정확히 검출했다. 또, 도시하고 있지 않지만, 중첩 뉴럴 네트워크는, 중앙 사이즈가 10mm 미만인 모든 식도암을 정확히 검출했다.

- [0184] 도 26은, 도 25에 나타내는 각 증례에 있어서, 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에 있어서의 감도(이하, 백색광 감도), NBI용 협대역광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에 있어서의 감도(이하, NBI용 협대역광 감도), 및 백색광 및 NBI용 협대역광의 적어도 한쪽을 조사하여 촬상된 내시경 화상에 있어서의 감도(이하, 포괄적 감도)를 나타내는 도이다. 도 26에 나타내는 바와 같이, 도 25에 나타내는 각 증례에 있어서, NBI용 협대역광 감도(89%)는 백색광 감도(81%)보다 높고, 포괄적 감도(98%)는 백색광 감도보다 매우 높았다. 편평 상피암에 관한 백색광 감도, NBI용 협대역광 감도 및 포괄적 감도는, 각각 79%, 89%, 97%였다. 선암에 관한 백색광 감도, NBI용 협대역광 감도 및 포괄적 감도는, 각각 88%, 88%, 100%였다.
- [0185] 도 27은, 백색광 또는 NBI용 협대역광을 조사하여 촬상된 각 내시경 화상에 대하여, 중첩 뉴럴 네트워크에 의한 식도암/비식도암의 검출 결과, 및 생검에 의한 식도암/비식도암의 검출 결과를 나타내는 도이다. 도 28은, 도 27에 나타내는 각 내시경 화상에 있어서, 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에 있어서의 감도(이하, 백색광 감도), 및 NBI용 협대역광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에 있어서의 감도(이하, NBI용 협대역광 감도)를 나타내는 도이다.
- [0186] 도 27에 나타내는 바와 같이, 중첩 뉴럴 네트워크는, 생검 결과로서 식도암이 존재한다고 진단된 내시경 화상의 74%(125/168)에 있어서, 식도암을 정확히 검출했다. 그리고, 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력에 대한 감도, 특이도, 양성 적중률 및 음성 적중률은, 각각 74%, 80%, 40% 및 95%였다. 또, 도 28에 나타내는 바와 같이, NBI용 협대역광 감도(81%)는, 백색광 감도(69%)보다 높았다. 편평 상피암에 관한 백색광 감도 및 NBI용 협대역광 감도는, 각각 72%, 84%였다. 선암에 관한 백색광 감도 및 NBI용 협대역광 감도는, 각각 55%, 67%였다.
- [0187] 본 발명자들은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되어 분류된 식도암의 분류(CNN 분류)와, 조직학적으로 증명된 식도암의 분류(심달도)의 일치 정도를 중첩 뉴럴 네트워크의 분류 정밀도로서 리뷰했다. 도 29는, CNN 분류와 심달도의 일치 정도를 나타내는 도이다.
- [0188] 도 29에 나타내는 바와 같이, 피험자의 식도 내에 대하여 백색광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에서는, 전체의 100%(89/89)의 식도암의 분류가, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 분류되어 있었다. 즉, 조직학적으로 표재형 식도암으로서 증명된 식도암 중 100%(75/75)의 식도암은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 표재형 식도암으로서 정확히 분류되었다. 또, 조직학적으로 진행형 식도암으로서 증명된 식도암 중 100%(14/14)의 식도암은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진행형 식도암으로서 정확히 분류되었다.
- [0189] 또, 피험자의 식도 내에 대하여 NBI용 협대역광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에서는, 전체의 96%(76/79)의 식도암의 분류가, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 분류되어 있었다. 조직학적으로 표재형 식도암으로서 증명된 식도암 중 99%(67/68)의 식도암은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 표재형 식도암으로서 정확히 분류되었다. 또, 조직학적으로 진행형 식도암으로서 증명된 식도암 중 82%(9/11)의 식도암은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진행형 식도암으로서 정확히 분류되었다.
- [0190] 또, 피험자의 식도 내에 대하여 백색광 또는 NBI용 협대역광을 조사하여 촬상된 내시경 화상에서는, 전체의 98%(165/168)의 식도암의 분류가, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 정확히 분류되어 있었다. 조직학적으로 표재형 식도암으로서 증명된 식도암 중 99%(142/143)의 식도암은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 표재형 식도암으로서 정확히 분류되었다. 또, 조직학적으로 진행형 식도암으로서 증명된 식도암 중 92%(23/25)의 식도암은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진행형 식도암으로서 정확히 분류되었다. 이상과 같이, 중첩 뉴럴 네트워크의 분류 정밀도는, 매우 높은 것을 알 수 있었다. 또한, 편평 상피암 및 선암에 관한 중첩 뉴럴 네트워크의 분류 정밀도는, 각각 99%(146/147) 및 90%(19/21)였다.
- [0191] 중첩 뉴럴 네트워크의 진단 능력을 향상시키기 위해서는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 식도암이 검출된 이유와, 진정한 식도암이 정확히 검출되지 않았던, 즉 놓친 이유를 검증하는 것이 중요하다. 따라서, 본 발명자들은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 식도암이 검출된 내시경 화상(위양성 화상), 및 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 식도암이 검출되지 않았던 내시경 화상(위음성 화상) 모두를 리뷰하고, 몇몇의 카테고리 분류했다.
- [0192] 도 30은, 위양성 화상 및 위음성 화상의 분류 결과를 나타내는 도이다. 도 30에 나타내는 바와 같이, 188의 위양성 화상 중 95의 위양성 화상(50%)은 음영을 수반하고 있었다. 또, 61의 위양성 화상(32%)은 식도암으로 판별하기 쉬운 정상 구조를 포함하며, 그 대부분은 식도 위 접합부(EGJ)나 좌측 주기판지였다. 또, 32의 위양성 화상(17%)은 식도암으로서 오진될 가능성이 있는 양성 병변을 포함하며, 그 대부분은 수술 후 반흔, 초점 위축, 바렛 식도, 염증이였다.

- [0193] 도 31A는, 음영을 수반하고 있었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타내는 도이다. 도 31A에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(170), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.70)가 표시되어 있다.
- [0194] 도 31B는, 식도암으로 판별하기 쉬운 정상 구조(식도 위 접합부)를 포함하고 있었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타내는 도이다. 도 31B에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(172), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.57)가 표시되어 있다.
- [0195] 도 31C는, 식도암으로 판별하기 쉬운 정상 구조(좌측 주기판지)를 포함하고 있었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타내는 도이다. 도 31C에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(174), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.60)가 표시되어 있다.
- [0196] 도 31D는, 식도암으로 판별하기 쉬운 정상 구조(추체)를 포함하고 있었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타내는 도이다. 도 31D에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(176), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.80)가 표시되어 있다.
- [0197] 도 31E는, 식도암으로서 오진될 가능성이 있는 양성 병변(수술 후 반흔)을 포함하고 있었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타내는 도이다. 도 31E에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(178), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.88)가 표시되어 있다.
- [0198] 도 31F는, 식도암으로서 오진될 가능성이 있는 양성 병변(초점 위축)을 포함하고 있었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 잘못하여 검출 및 분류된 내시경 화상 및 해석 결과 화상을 위양성 화상으로서 나타내는 도이다. 도 31F에 나타내는 바와 같이, 해석 결과 화상에는, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 추정된 병변 위치(범위)를 나타내는 직사각형 프레임(180), 병변명(표재형 식도암) 및 확률 스코어(0.83)가 표시되어 있다.
- [0199] 또, 도 30에 나타내는 바와 같이, 41의 위음성 화상 중 10의 위음성 화상(25%)은, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 배경 점막에 의한 염증으로서 오진단된 결과로서, 진정한 식도암으로서 검출되지 않았다고 생각된다. 또, 7의 위음성 화상(17%)은, NBI용 협대역광이 조사된 편평 상피암이 불명료하게 활상되었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 식도암으로서 검출되지 않았다고 생각된다.
- [0200] 또, 4의 위음성 화상(10%)은, 바렛 식도 선암이 존재했지만 선암에 관한 학습이 불충분한 부분이 있었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 식도암으로서 검출되지 않았다고 생각된다. 또, 20의 위음성 화상(49%)은, 내시경 화상에 있어서 병변이 원방에 존재하는, 병변의 일부만이 존재하는 등의 진단이 어려운 상태였기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 진정한 식도암으로서 검출되지 않았다고 생각된다.
- [0201] 도 32A는, 내시경 화상에 있어서 병변이 원방에 존재하여 진단이 어려운 상태였기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던 식도암을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타내는 도이다. 직사각형 프레임(182)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.
- [0202] 도 32B는, 내시경 화상에 있어서 병변의 일부만이 존재하여 진단이 어려운 상태였기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던 식도암을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타내는 도이다. 직사각형 프레임(184)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.
- [0203] 도 32C는, 배경 점막에 의한 염증으로서 오진단된 결과로서, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던 식도암을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타내는 도이다. 직사각형 프레임(186)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.
- [0204] 도 32D는, NBI용 협대역광이 조사된 편평 상피암이 불명료하게 활상되었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던 식도암을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타내는 도이다. 직사각형 프레임(188)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에

는 표시되지 않는다.

[0205] 도 32E는, 바렛 식도 선암이 존재했지만 선암에 관한 학습이 불충분한 부분이 있었기 때문에, 중첩 뉴럴 네트워크에 의하여 검출되지 않았던 식도암(바렛 식도 선암)을 포함하는 내시경 화상을 위음성 화상으로서 나타내는 도이다. 직사각형 프레임(190)은, 참고로, 조직학적으로 증명된 식도암의 병변 위치(범위)를 나타내고 있으며, 실제의 해석 결과 화상에는 표시되지 않는다.

[0206] 이상의 제3 평가 시험의 결과로부터, 중첩 뉴럴 네트워크는, 식도암이 작아도, 상당히 정확하고 또한 놀랄만한 속도로 식도암을 효과적으로 검출하여, 식도의 내시경 검사에 있어서의 식도암의 농침을 줄이는데 도움이 될 가능성이 있는 것을 알 수 있었다. 또한, 중첩 뉴럴 네트워크는, 검출된 식도암을 정확하게 분류하고, 내시경의 에 의한 내시경 화상의 진단을 강력히 지원할 수 있는 것을 알 수 있었다. 그리고, 보다 많은 학습 처리를 행함으로써, 중첩 뉴럴 네트워크는 보다 높은 진단 정밀도를 달성한다고 생각된다.

[0207] 2017년 10월 30일 출원된 일본 특허출원 2017-209232, 2018년 1월 22일 출원된 일본 특허출원 2018-007967, 2018년 3월 5일 출원된 일본 특허출원 2018-038828의 일본 출원에 포함되는 명세서, 도면 및 요약서의 개시 내용은, 모두 본원에 원용된다.

산업상 이용가능성

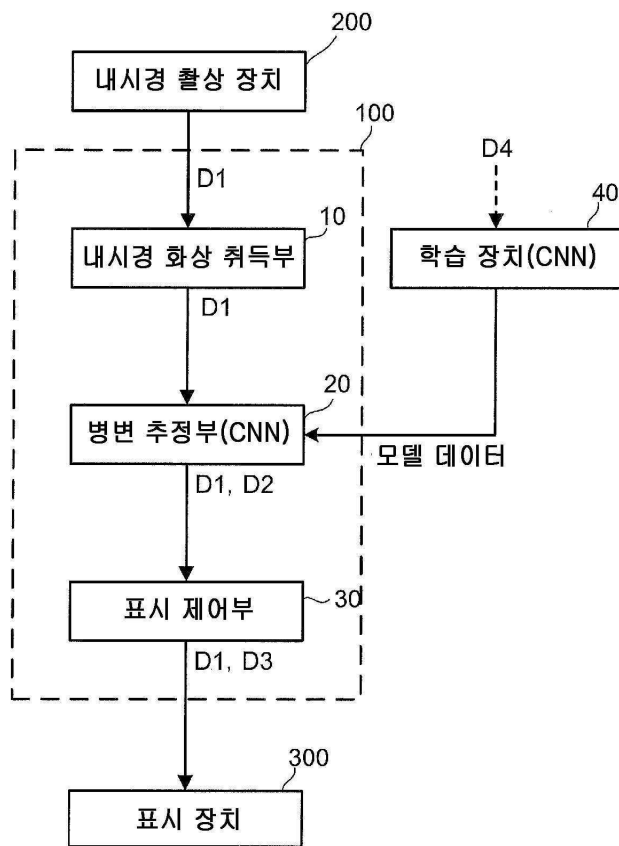
[0208] 본 발명은, 내시경의 에 의한 내시경 화상의 진단을 지원하는 것이 가능한 화상 진단 지원 장치, 자료 수집 방법, 화상 진단 지원 방법 및 화상 진단 지원 프로그램으로서 유용하다.

부호의 설명

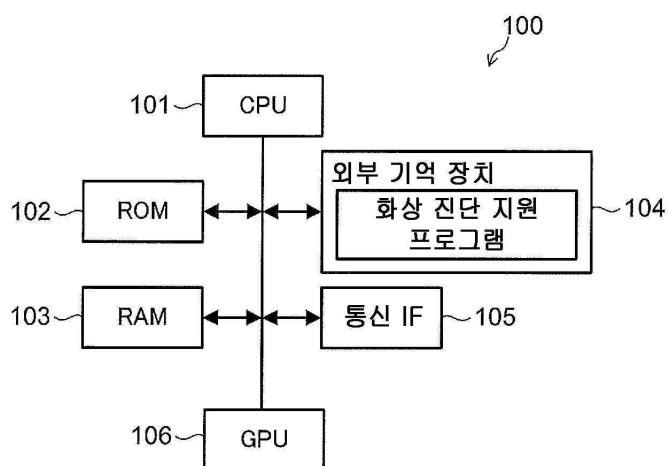
[0209] 10 내시경 화상 취득부
20 병변 추정부
30 표시 제어부
40 학습 장치
100 화상 진단 지원 장치
101 CPU
102 ROM
103 RAM
104 외부 기억 장치
105 통신 인터페이스
200 내시경 촬상 장치
300 표시 장치
D1 내시경 화상 데이터
D2 추정 결과 데이터
D3 해석 결과 화상 데이터
D4 교사 데이터

도면

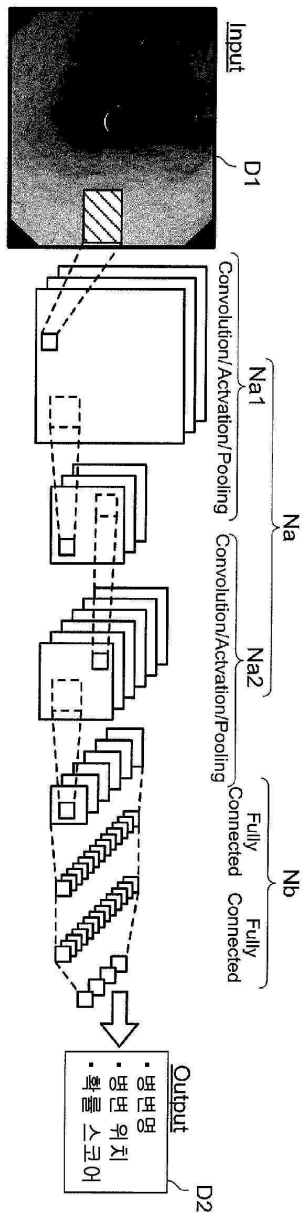
도면1



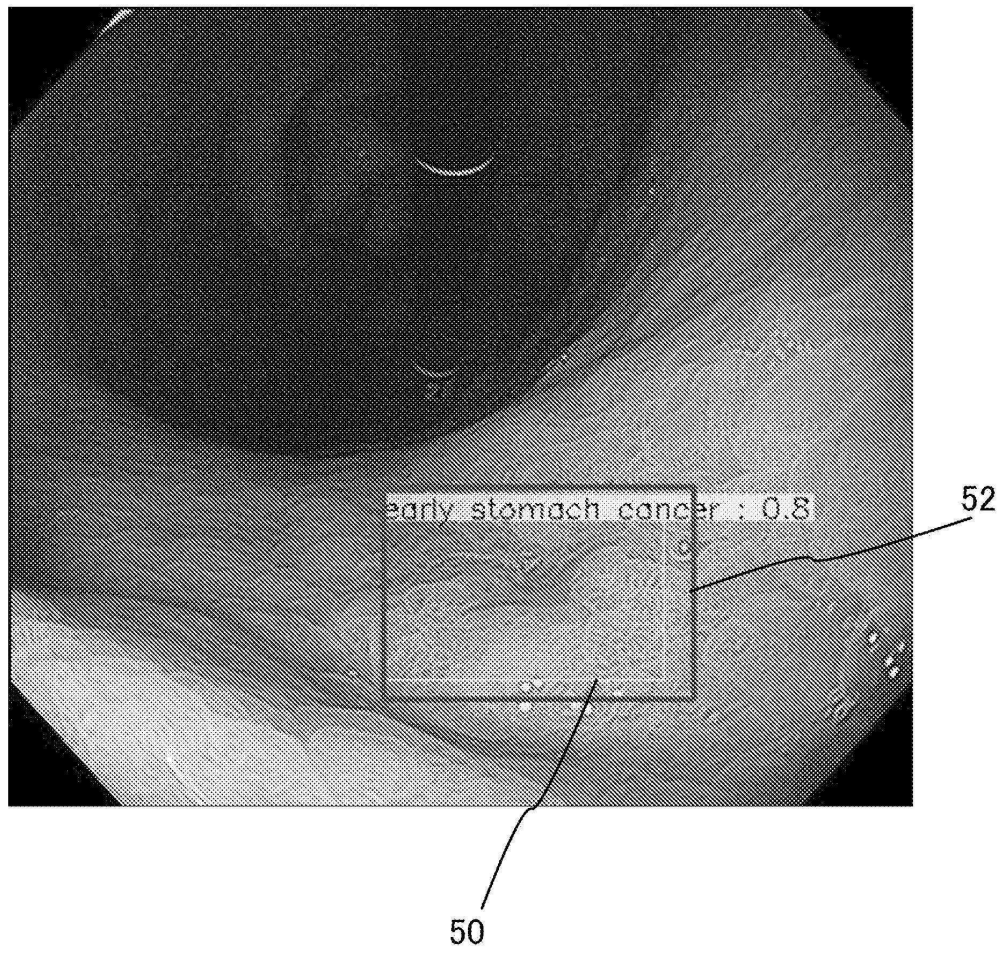
도면2



도면3



도면4

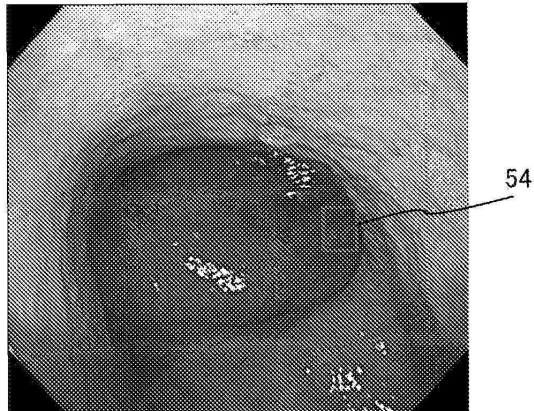


도면5

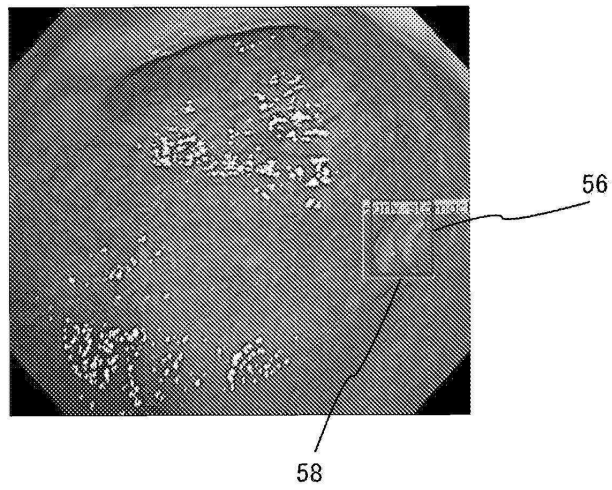
| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 남성/여성 | 52/17 |
| 연령(중앙값) | 67 |
| 종양 사이즈(중앙값)mm, 범위 | 24, 3-170 |
| 종양의 위치 | |
| 위 상부 | 14 |
| 위 중부 | 27 |
| 위 하부 | 33 |
| 위 전체 | 3 |
| 육안형 분류 | |
| 0-I형 | 1 |
| 0-IIa형 | 8 |
| 0-IIb형 | 3 |
| 0-IIc형 | 38 |
| 0형의 혼합형(0-Ia+IIc, IIc+IIb, IIc+III) | 6 |
| 1형 | 1 |
| 2형 | 8 |
| 3형 | 6 |
| 4형 | 6 |
| 종양의 깊이 | |
| T1a(점막) | 43 |
| T1b(점막하층) | 9 |
| T2(고유근층) | 7 |
| T3(장막하층) | 2 |
| T4a(장막) | 16 |
| 조직 분류 | |
| 분화형 | 50 |
| 미분화형 | 27 |

도면6

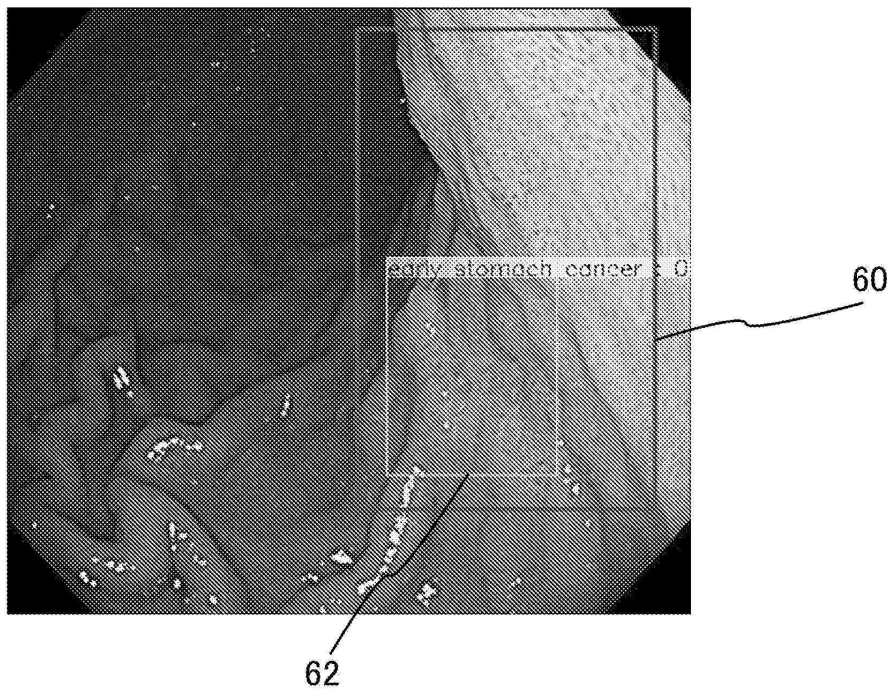
도 6a



도 6b

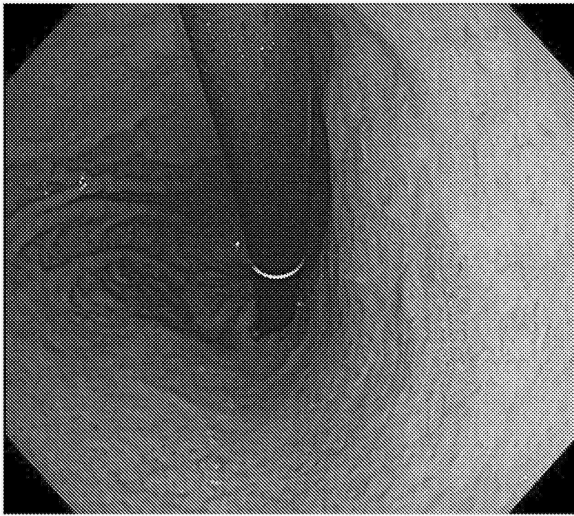


도면7

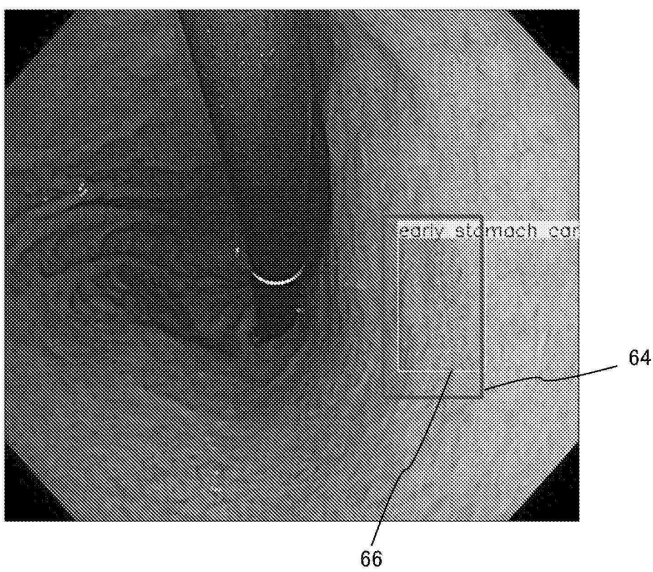


도면8

도 8a



도 8b



도면9

| 종양의 깊이 | 종양 사이즈(mm) | | | |
|-----------|------------|------------|-------------|------------|
| | ≤5 | 6-10 | 11-20 | ≥21 |
| T1a(점막) | 1/6(16.7) | 11/11(100) | 16/17(94.1) | 9/9(100) |
| T1b(점막하층) | 0/0 | 0/0 | 1/1(100) | 8/8(100) |
| T2(고유근층) | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 7/7(100) |
| T3(장막하층) | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 2/2(100) |
| T4a(장막) | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 16/16(100) |

도면10

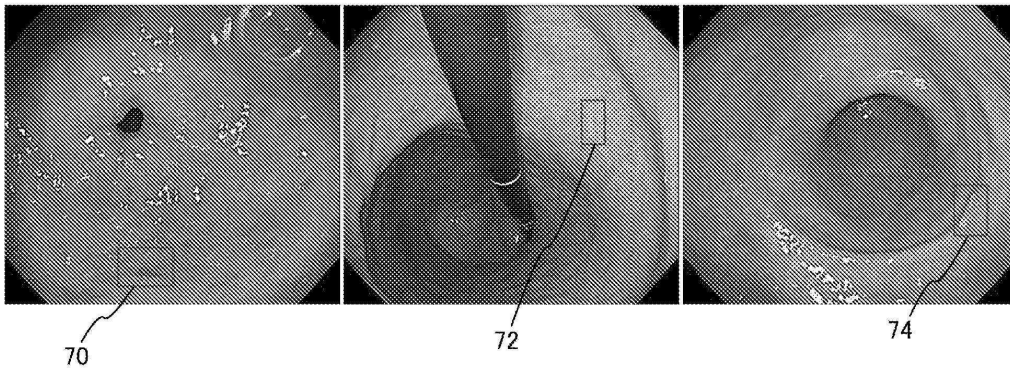
| 환자 | 종양 사이즈(mm) | 종양의 깊이 | 육안형 분류 | 조직 분류 |
|----|------------|--------|--------|-------|
| a | 3 | T1a | 0-IIc | 분화형 |
| b | 4 | T1a | 0-IIc | 분화형 |
| c | 4 | T1a | 0-IIc | 분화형 |
| d | 5 | T1a | 0-IIc | 분화형 |
| e | 5 | T1a | 0-IIc | 분화형 |
| f | 16 | T1a | 0-IIc | 분화형 |

도면11

도 11a

도 11b

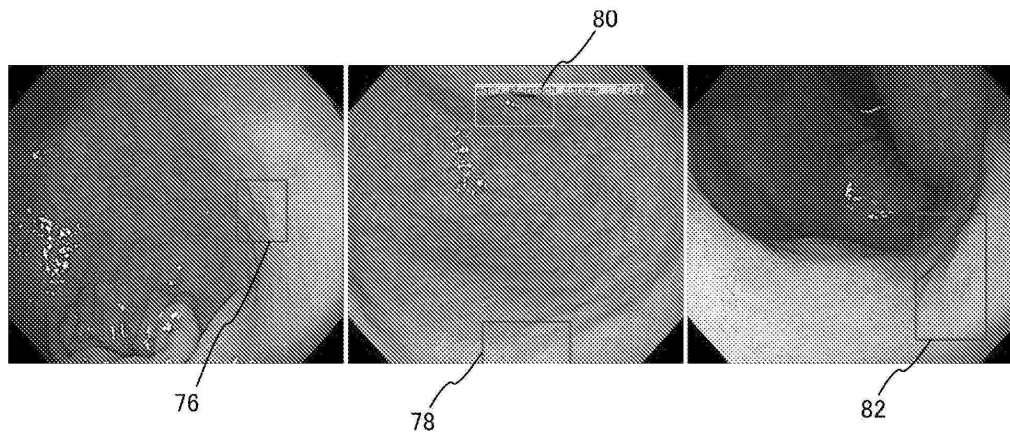
도 11c



도 11d

도 11e

도 11f

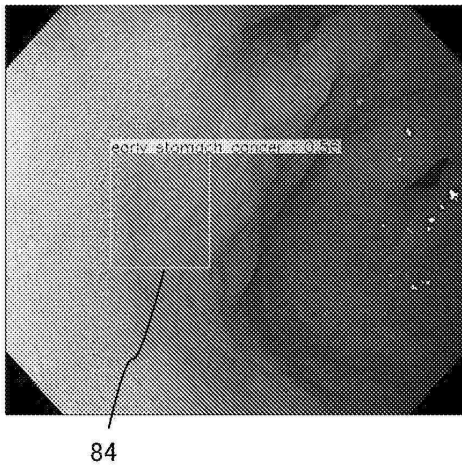


도면12

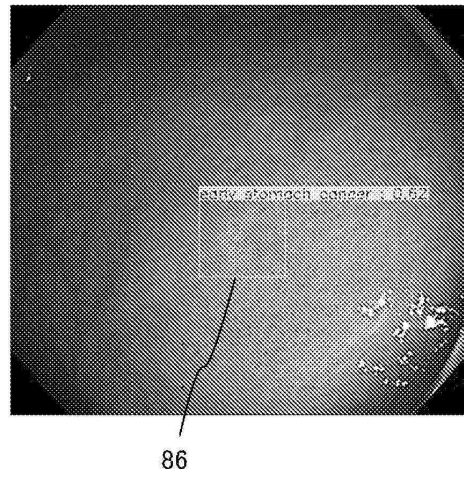
| | |
|-------------------------|----|
| 위염(발적, 위축, 장 상피 화생) | 76 |
| 통상의 해부학적 구조(분문, 유문, 위각) | 28 |
| 주름 | 8 |
| 혈액 | 8 |
| 점액 | 8 |
| 반흔 | 7 |
| 혈레이션 | 6 |
| 연동 | 4 |
| 맥관 | 3 |
| 황색종 | 3 |
| 흡인흔 | 2 |
| 수포 | 2 |
| 과형성성 폴립 | 2 |
| 초점 흐려짐 | 2 |
| 점막하 종양 | 1 |
| 벽외 압배(壁外壓排) | 1 |

도면13

도 13a



도 13b

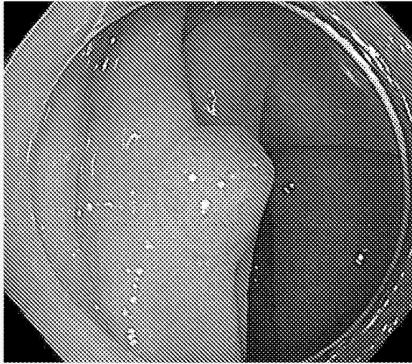


도 13c

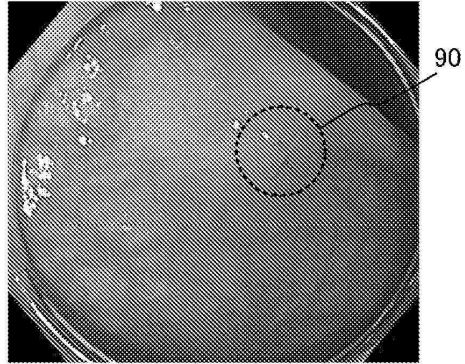


도면14

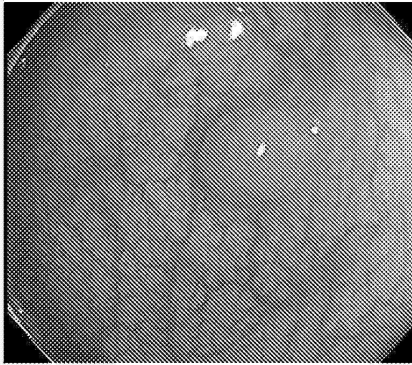
도 14a



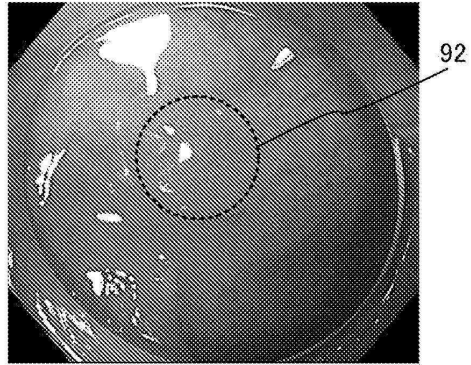
도 14b



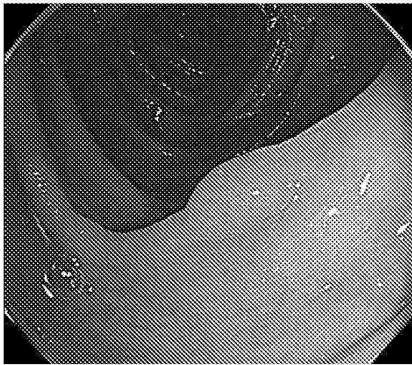
도 14c



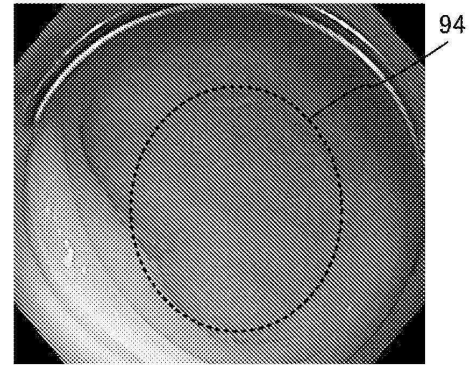
도 14d



도 14e

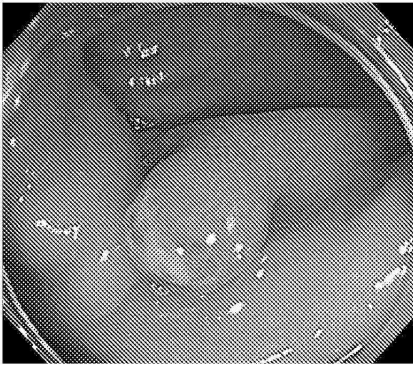


도 14f



도면15

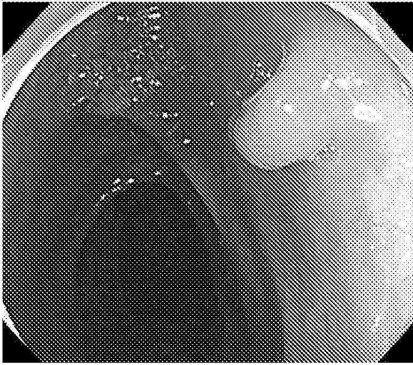
도 15a



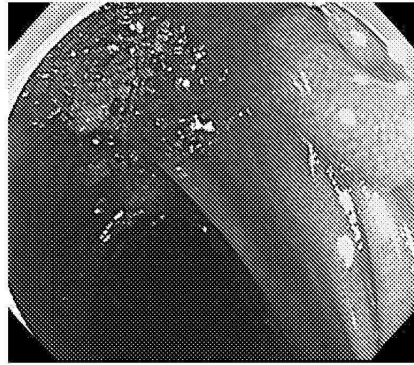
도 15b



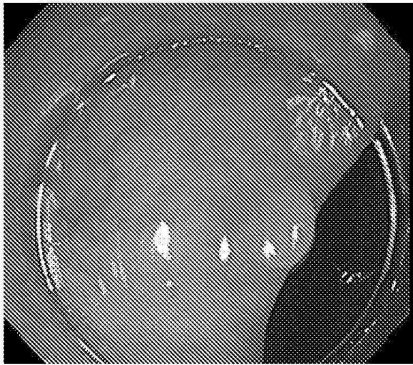
도 15c



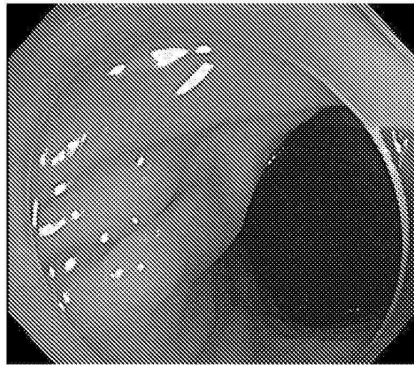
도 15d



도 15e



도 15f



도면16

| 학습용 데이터 세트 | | | | |
|------------|------------|-------------|---------------|-------------|
| 대장 폴립의 종류 | 폴립 수(%) | 백색광(화상) | NBI용 협대역광(화상) | 전체 화상 수 |
| 선종 | 3,513(74) | 9,310(53) | 2,085(73) | 11,395(56) |
| 과형성성 폴립 | 1,058(22) | 2,002(11) | 519(18) | 2,521(12) |
| SSAP | 22(0) | 116(1) | 23(1) | 139(1) |
| 선암 | 68(1) | 1,468(8) | 131(5) | 1,599(8) |
| 그 외 | 91(2) | 657(4) | 107(4) | 764(4) |
| 정상 | - | 4,013(23) | 0(0) | 4,013(20) |
| 합계 | 4,752(100) | 17,566(100) | 2,865(100) | 20,431(100) |

도면17

| 평가 시험용 데이터 세트 | | | | | |
|---------------------------------------|-------|----------|------------|---------------|------------|
| 대장 폴립의 종류 | 크기 | 폴립 수(%) | 백색광(화상) | NBI용 협대역광(화상) | 전체 화상 수 |
| 선종 N=218 돌출형: 199 평탄형: 19 | ≤5mm | 156(50) | 638(10) | 208(63) | 846(12) |
| | 5-9mm | 52(17) | | | |
| | ≥10mm | 10(3) | | | |
| 과형성성 폴립 N=63 돌출형: 53 평탄형: 10 | ≤5mm | 56(18) | 137(2) | 71(21) | 208(3) |
| | 5-9mm | 7(2) | | | |
| | ≥10mm | 0(0) | | | |
| SSAP N=7 돌출형: 1 평탄형: 6 | ≤5mm | 0(0) | 40(1) | 8(2) | 48(1) |
| | 5-9mm | 4(1) | | | |
| | ≥10mm | 3(1) | | | |
| 선암(크기≥10mm) N=4 | | 4(1) | 30(0) | 3(1) | 33(0) |
| 그 외(크기≤5mm) N=17 | | 17(6) | 27(0) | 10(3) | 37(1) |
| 정상 | | - | 5,874(87) | 31(9) | 5,905(83) |
| 합계 | | 309(100) | 6,750(100) | 331(100) | 7,081(100) |

도면18

| 위양성 화상(N=165) | | |
|---|---------------|--------|
| 카테고리 | 서브 카테고리 | 수(%) |
| 정상 구조 | 희망판 | 56(34) |
| | 충수 구멍 | 6(4) |
| | 항문 | 2(1) |
| 대장 주름 | | 55(33) |
| 배설물 | | 4(2) |
| 진정한 폴립? | | 12(7) |
| 그 외 | 혈레이션 | 14(8) |
| | 정상 점막 | 8(5) |
| | 카메라 렌즈의 표면 흔탁 | 4(2) |
| | 흐려짐 | 2(1) |
| | 폴립 절제술의 반흔 | 1(1) |
| | 혈관 확장 | 1(1) |
| 위음성 화상(N=89) | | |
| 작거나, 또는 어둡기 때문에 대장 폴립의 표면의 질감을 인식하기 어렵기 때문에 | | 50(56) |
| 대장 폴립이 측방으로부터, 또는 부분적으로 촬영되었기 때문에 | | 34(38) |
| 대장 폴립이 매우 큼 | | 5(6) |

도면19a

| | 백색광 | | | | | |
|-------------|---------|-----------|---------|-------|--------|-------|
| | | CNN 분류(%) | | | | |
| | | 선종 | 과형성성 폴립 | SSAP | 선암 | 그 외 |
| 참 가 자 | 선종 | 562(97) | 14(2) | 0(0) | 4(1) | 2(0) |
| | 과형성성 폴립 | 64(51) | 59(47) | 0(0) | 0(0) | 2(2) |
| | SSAP | 6(26) | 12(52) | 5(22) | 0(0) | 0(0) |
| | 선암 | 6(21) | 0(0) | 0(0) | 23(79) | 0(0) |
| | 그 외 | 14(58) | 7(29) | 0(0) | 0(0) | 3(13) |

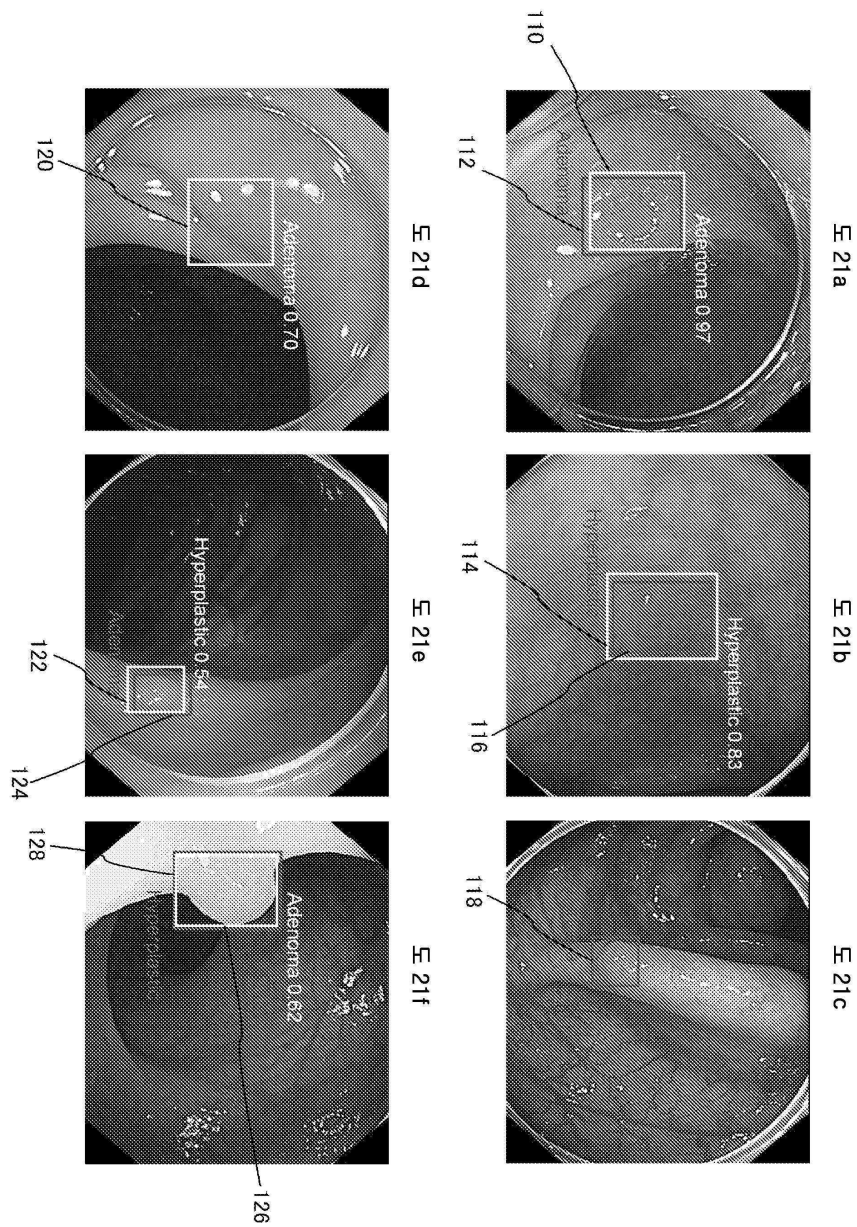
도면19b

| | NBI용 협대역광 | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|---------|------|------|------|
| | | CNN 분류(%) | | | | |
| | | 선종 | 과형성성 폴립 | SSAP | 선암 | 그 외 |
| 평가 지 적 | 선종 | 197(97) | 5(2) | 0(0) | 1(0) | 0(0) |
| | 과형성성 폴립 | 31(46) | 37(54) | 0(0) | 0(0) | 0(0) |
| | SSAP | 2(33) | 4(67) | 0(0) | 0(0) | 0(0) |
| | 선암 | 3(100) | 0(0) | 0(0) | 0(0) | 0(0) |
| | 그 외 | 3(30) | 7(70) | 0(0) | 0(0) | 0(0) |

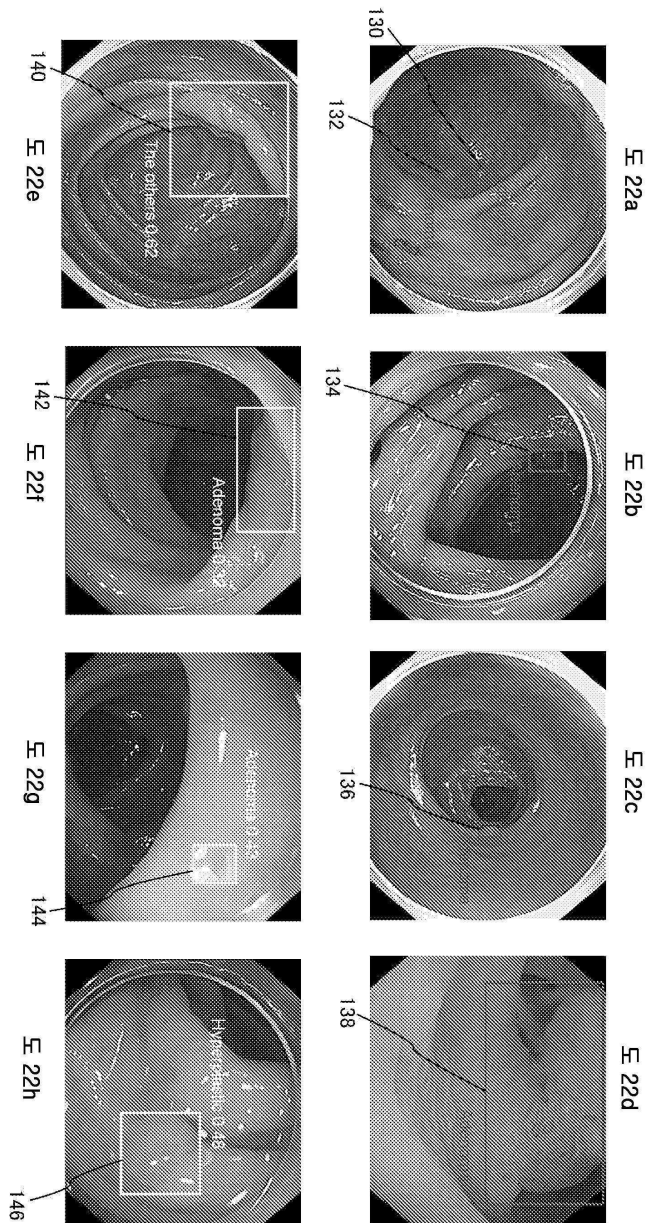
도면20

| | 백색광 | | | |
|--------------|---------|-----------|---------|-------|
| | | CNN 분류(%) | | |
| | | 선종 | 과형성성 폴립 | 그 외 |
| 평가 지 적 | 선종 | 348(98) | 8(2) | 0 |
| | 과형성성 폴립 | 49(49) | 50(50) | 1(1) |
| | 그 외 | 14(58) | 7(29) | 3(13) |

도면21



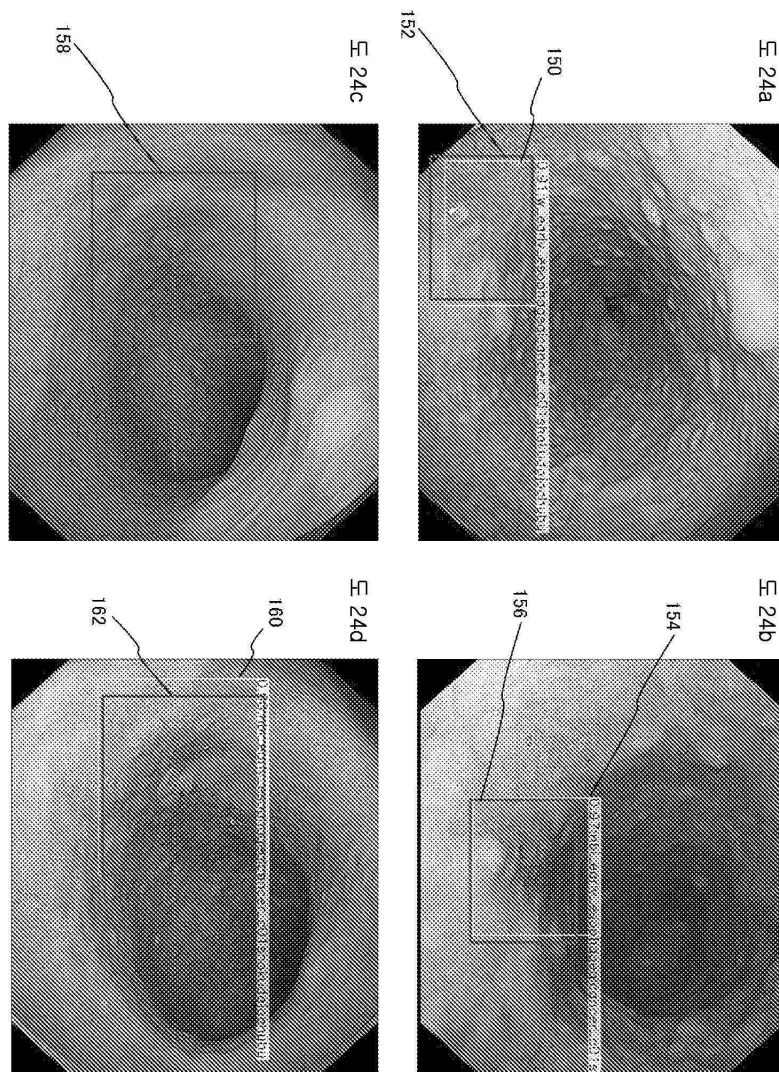
도면22



도면23

| 환자의 특징(n=47) | |
|--------------------------------|-------------|
| 남성/여성 | 41/6 |
| 연령: 중앙값/범위 | 70/48-81 |
| 병변의 특징(n=49) | |
| 종양 사이즈(중앙값)mm/범위 | 20/5-700 |
| 종양의 위치: Ce/Ut/Mt/Lt/Ae | 0/8/23/10/8 |
| 육안적 분류 | |
| 표재형: 0-I형/0-IIa형/0-IIb형/0-IIc형 | 1/6/13/23 |
| 진행형: 1/2/3/4 | 0/3/3/0 |
| 종양의 깊이: T1a/T1b/T2-4 | 40/2/7 |
| 조직 병리학: 편평 상피암(ESCC)/선암(EAC) | 41/8 |

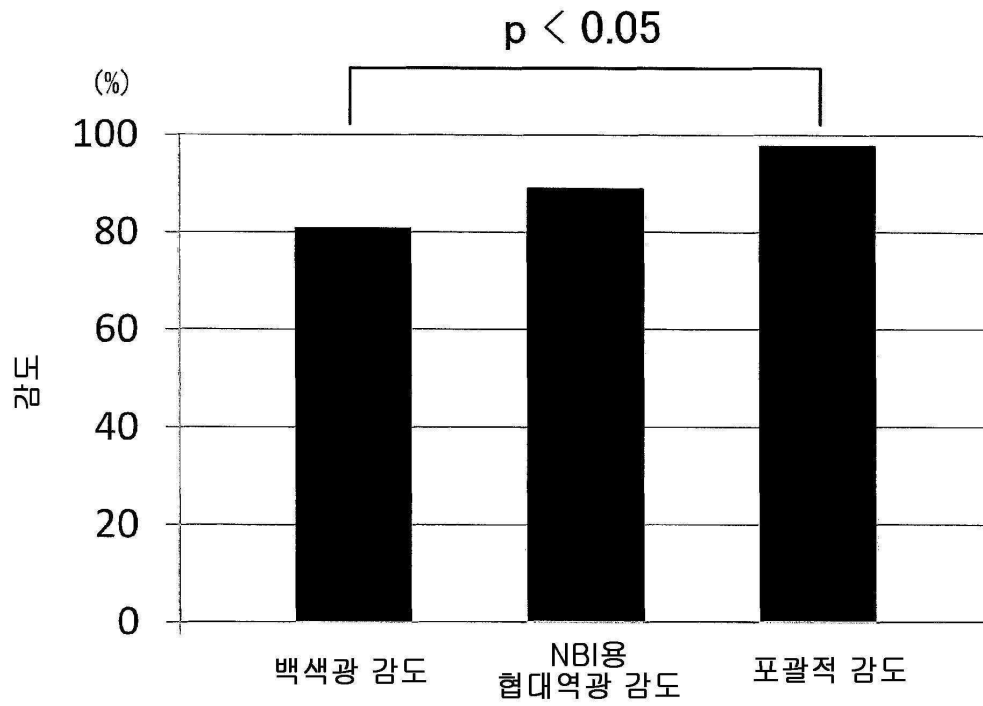
도면24



도면25

| | | 생검 결과 | |
|----------------------------|------|-------|------|
| | | 식도암 | 비식도암 |
| 백색광에 의한 CNN 검출 결과 | 식도암 | 38 | 35 |
| | 비식도암 | 9 | 15 |
| NBI용 협대역광에 의한 CNN 검출 결과 | 식도암 | 41 | 28 |
| | 비식도암 | 5 | 22 |
| 포괄적인 CNN 검출 결과 | 식도암 | 46 | 42 |
| | 비식도암 | 1 | 8 |

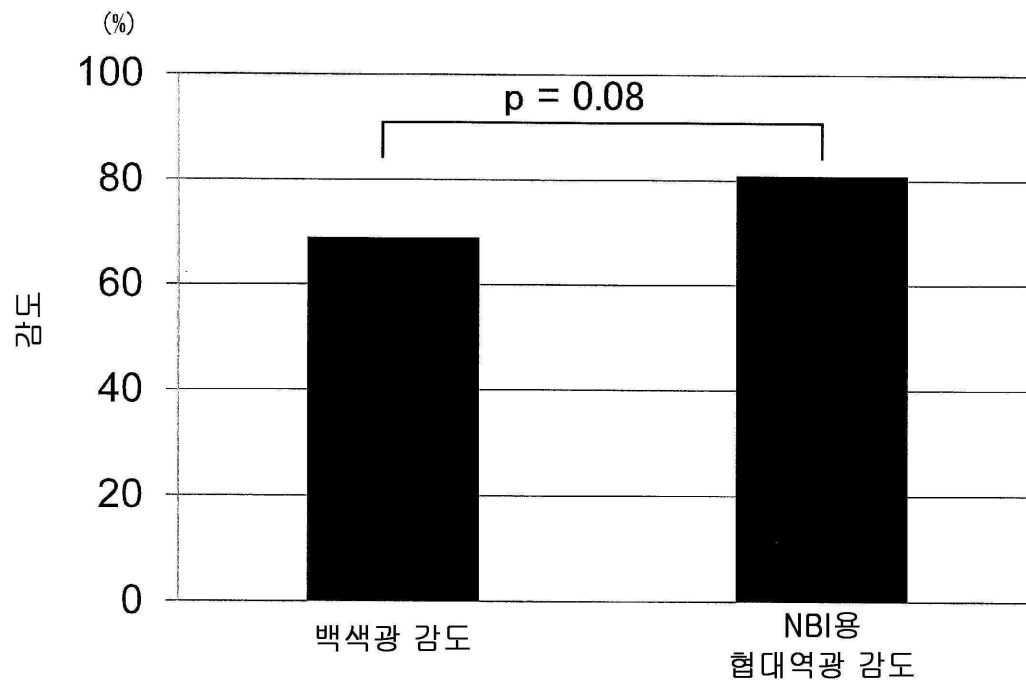
도면26



도면27

| | | 생검 결과 | |
|-------------------------|------|-------|------|
| | | 식도암 | 비식도암 |
| 백색광에 의한 CNN 검출 결과 | 식도암 | 61 | 105 |
| | 비식도암 | 28 | 364 |
| NBI용 협대역광에 의한 CNN 검출 결과 | 식도암 | 64 | 85 |
| | 비식도암 | 15 | 396 |

도면28



도면29

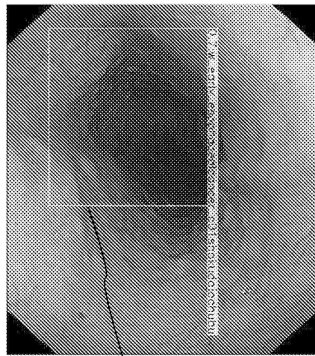
| | 백색광 | NBI용 협대역광 | 전체 내시경 화상 |
|---------|-------------|------------|--------------|
| 표재형 식도암 | 100%(75/75) | 99%(67/68) | 99%(142/143) |
| 진행형 식도암 | 100%(14/14) | 82%(9/11) | 92%(23/25) |
| 모든 식도암 | 100%(89/89) | 96%(76/79) | 98%(165/168) |

도면30

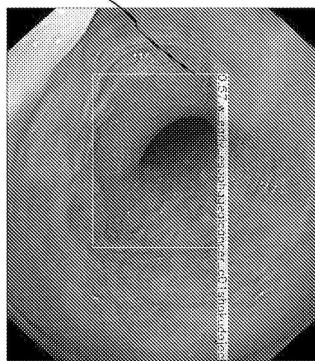
| 위양성 화상 | 수(%) |
|--|----------------------------|
| 음영을 수반하고 있었기 때문에 | 95(50) |
| 식도암으로 판별하기 쉬운 정상 구조였기 때문에 (식도 위 접합부/좌측 주기관지/추체) | 61(32) (29/25/7) |
| 식도암으로서 오진될 가능성이 있는 양성 병변이었기 때문에 (수술 후 반흔/초점 위축/바렛 식도/염증/상피 내 신형성/각질화/이소성 위점막) | 32(17) (13/9/5/4/1/1/1) |

| 위음성 화상 | 수(%) |
|---|--------|
| 배경 점막에 의한 염증으로서 오진단되었기 때문에 | 10(25) |
| NBI용 협대역광에 의하여 편평 상피암(ESCC)이 불명료하게 촬영되었기 때문에 | 7(17) |
| 선암(EAC)에 관한 학습이 불충분했기 때문에 | 4(10) |
| 진단이 어려운 상태였기 때문에 (병변이 원방에 존재하거나, 병변의 일부만이 존재함) | 20(49) |

도면31



도 31a



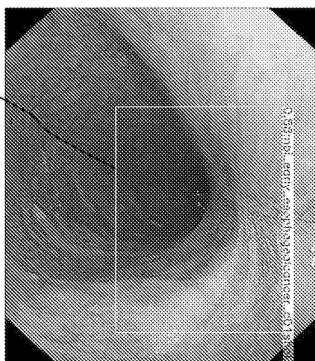
도 31b



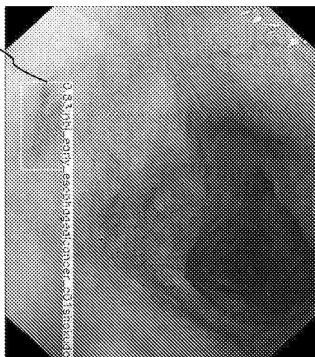
도 31c



도 31d

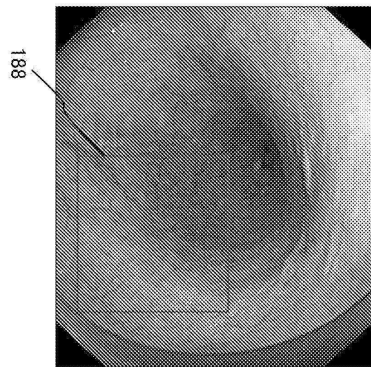


도 31e



도 31f

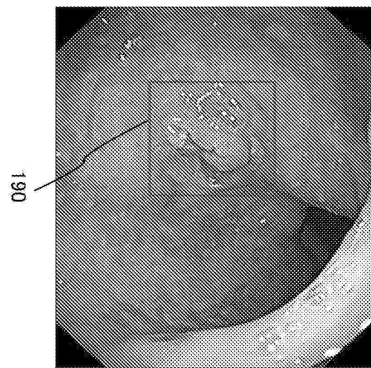
도면32



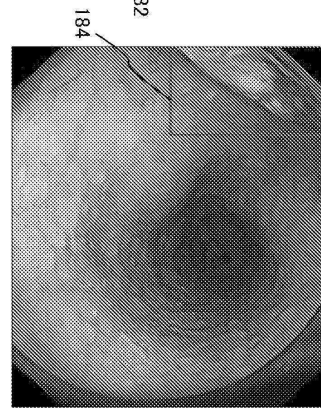
도 32d



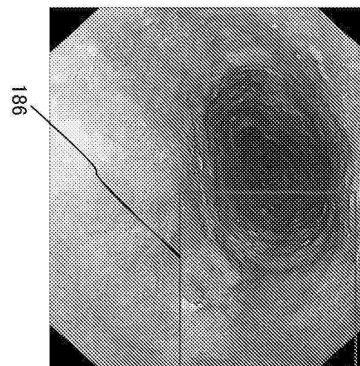
도 32a



도 32e



도 32b



도 32c